Más que salud

Temperaturas extremas y salud

Cómo nos afectan las olas de calor y de frío

Cristina Linares Gil | Rocío Carmona Alférez
Cristina Ortiz Burgos | Julio Díaz Jiménez

CATARATA
Instituto de Salud Carlos III

Más que salud

Temperaturas extremas y salud

Cómo nos afectan las olas de calor y de frío

Cristina Linares Gil | Rocío Carmona Alférez
Cristina Ortiz Burgos | Julio Díaz Jiménez

CATARATA
Instituto de Salud Carlos III

Más que salud

Temperaturas extremas y salud

Cómo nos afectan las olas de calor y de frío

Cristina Linares Gil | Rocío Carmona Alférez
Cristina Ortiz Burgos | Julio Díaz Jiménez

CATARATA
Instituto de Salud Carlos III

Índice

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO 1. CAMBIO CLIMÁTICO Y TEMPERATURAS EXTREMAS

CAPÍTULO 2. ¿QUÉ ES UNA OLA DE CALOR O UNA OLA DE FRÍO?

CAPÍTULO 3. LAS TEMPERATURAS EXTREMAS EN ESPAÑA Y SUS EFECTOS

CAPÍTULO 4. ¿CÓMO AFECTAN A LA SALUD LAS TEMPERATURAS EXTREMAS? GRUPOS DE POBLACIÓN MÁS VULNERABLE

CAPÍTULO 5. PLANES DE PREVENCIÓN FRENTE A TEMPERATURAS EXTREMAS. ¿PODEMOS ADAPTARNOS?

CAPÍTULO 6. PROYECCIONES DE TEMPERATURA EN EL HORIZONTE DEL AÑO 2100. ¿AUMENTARÁ LA MORTALIDAD ASOCIADA AL CALOR Y AL FRÍO?

CONCLUSIONES

AGRADECIMIENTOS

GLOSARIO

BIBLIOGRAFÍA

NOTAS

Cristina Linares Gil

Bióloga y doctora en Medicina Preventiva y Salud Pública por la Universidad Autónoma de Madrid. Trabaja como científica titular en el Departamento de Epidemiología y Bioestadística de la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III. Su principal área de conocimiento se basa en la influencia de diferentes factores ambientales como temperaturas extremas o contaminación atmosférica química y acústica sobre la salud de la población, especialmente grupos susceptibles. Estos temas se abordan en profundidad en sus numerosas publicaciones en revistas internacionales. Colaboradora de la OMS en temperaturas extremas y sus impactos en salud, está especialmente interesada y preocupada por los efectos en salud producidos por el cambio climático, donde considera que existe aún capacidad de reacción.

Rocío Carmona Alférez

Doctora en Medicina Preventiva y Salud Pública por la Universidad Complutense de Madrid y licenciada en Ciencias y Técnicas Estadísticas por la Universidad de Sevilla. Trabaja como técnico de investigación en el Departamento de Epidemiología y Bioestadística de la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III. Desarrolla su actividad profesional activamente en proyectos destinados a la evaluación del impacto de las temperaturas extremas y otros factores ambientales sobre la morbimortalidad. Colaboradora de la OMS en temperaturas extremas y sus impactos en salud y autora de publicaciones internacionales y nacionales en dicho campo.

Cristina María Ortiz Burgos

Graduada en Estadística Aplicada por la Universidad Complutense de Madrid. Trabaja como técnico de investigación en el Departamento de Epidemiología y Bioestadística de la Escuela Nacional de Sanidad del Instituto de Salud Carlos III. Ha participado en proyectos de investigación principalmente

relacionados con los efectos en salud producidos por la contaminación atmosférica, con numerosas publicaciones en este ámbito.

Julio Díaz Jiménez

Doctor en Ciencias Físicas por la Universidad Complutense de Madrid en la especialidad de Física de la Tierra y el Cosmos. Científico titular del Instituto de Salud Carlos III, es el jefe del área del Departamento de Epidemiología y Bioestadística de la Escuela Nacional de Sanidad. Lleva más de 25 años dedicado a la investigación en medioambiente y salud, en especial en los temas relacionados con los efectos en salud de la contaminación química y acústica, así como en temperaturas extremas. En estas materias ha realizado más de 200 publicaciones. Actualmente es colaborador de la OMS y del Ministerio de Sanidad español en temas relacionados con cambio climático y extremos térmicos y sus impactos en salud.

Cristina Linares Gil, Rocío Carmona Alférez,

Cristina Ortiz Burgos y Julio Díaz Jiménez

Temperaturas extremas y salud

Cómo nos afectan las olas de calor y de frío

más que salud

Colección editada conjuntamente con el Instituto de Salud Carlos III

Este libro presenta resultados y/o investigación independientes. Las opiniones expresadas son las del autor(es) y no representan necesariamente la posición oficial del Instituto de Salud Carlos III.

Diseño de colección: estudio pérez-enciso

© Cristina Linares Gil, Rocío Carmona Alférez, Cristina Ortiz Burgos y Julio Díaz Jiménez, 2017

© Instituto de salud carlos iii, 2017

Monforte de Lemos, 5

28029 Madrid

tel. 91 822 20 00

www.isciii.es

© Los libros de la Catarata, 2017

Fuencarral, 70

28004 Madrid

Tel. 91 532 20 77

Fax. 91 532 43 34

www.catarata.org

Temperaturas extremas y salud.

Cómo nos afectan las olas de calor y de frío

isbne: 978-84-1067-120-1

ISBN: 978-84-9097-368-4

DEPÓSITO LEGAL: M-26.332-2017

IBIC: PDZ/RN

NIPO: 062170245

este libro ha sido editado para ser distribuido. La intención de los editores es que sea utilizado lo más ampliamente posible, que sean adquiridos originales para permitir la edición de otros nuevos y que, de reproducir partes, se haga constar el título y la autoría.

Introducción

El acceso al fuego fue quizá uno de los puntos de inflexión más importantes para el hombre en su devenir histórico. Hace unos 300.000 años, Homo erectus, los neandertales y Homo sapiens usaban el fuego de manera cotidiana: les proporcionaba luz y calor y era un arma poderosa para ahuyentar a sus depredadores. Además, les permitió cocinar. El fuego fue la primera fuente de energía a la que tuvieron acceso los humanos y ello abrió la primera brecha importante entre el hombre y los demás animales.

Pero el uso del fuego, el consumo cada vez mayor de la energía, esta constante humana, sobre todo desde la Revolución Industrial, lleva implícitos unos riesgos: la contaminación y el calentamiento global. Dos mitos griegos clásicos ilustran estos riesgos ("castigo de los dioses") actualmente ya evidentes: Prometeo y Faetón. El primero fue expuesto al sol intenso durante el día y a la escarcha y al frío durante la noche en un tormento sin fin. Faetón, hijo de Febo, en su carro alado, también expuso el mundo al frío de las alturas y al calor que abrasó los campos.

Sirvan estas dos referencias previas como una metáfora a la amenaza global a la que actualmente se enfrenta la humanidad: el cambio climático*, del cual uno de los efectos que ya estamos experimentando son las olas de calor y los episodios de frío intenso.

Si bien los efectos de los extremos térmicos en la salud eran ya conocidos, se tuvo que esperar a la ola de calor que azotó Europa en el año 2003 para que las autoridades sanitarias incorporaran al acervo de la salud pública la variable temperatura: en una primera fase, el calor y, en una segunda, el frío.

A la iniciativa del Ministerio de Sanidad y Consumo, que en el año 2004 editó el documento titulado Protocolo de Actuaciones de los Servicios Sanitarios ante una Ola de Calor, documento en el que, entre otras sociedades científicas, colaboró la Sociedad Española de

Sanidad Ambiental (SESA), las comunidades autónomas se sumaron a este reto y todas ellas elaboraron sus propios planes de actuación. Por otro lado, la investigación española, liderada en gran parte por los autores de este libro, ha sido capaz de ayudar a delimitar aspectos fundamentales para que estos planes tengan eficacia, como saber cuáles son las temperaturas umbrales* (de disparo), qué impacto están teniendo y cuáles deben ser las nuevas tendencias a seguir en su implementación.

Y sobre esto nos hablan los autores del libro Temperaturas extremas y salud. Cómo nos afectan las olas de calor y frío, que está estructurado en siete capítulos, las preceptivas referencias bibliográficas y un glosario que ayudará a los lectores menos acostumbrados al lenguaje científico.

El capítulo 1 nos sitúa en la perspectiva del cambio climático: qué es, cómo afecta a la salud y qué medidas de mitigación* y adaptación* son posibles; entre ellas, las propuestas en la reciente Conferencia de Partes (COP21) de París.

En el capítulo 2, los autores definen y explican qué se entiende por ola de calor* y ola de frío* y cómo se establecen las temperaturas umbrales. En el siguiente capítulo se encuentran definidos esos umbrales para cada ciudad española capital de provincia, que han sido obtenidos a través de los estudios llevados a cabo por ellos mismos, se expone cómo y por qué han evolucionado en estos años y finalmente cómo estimar los efectos tanto del calor como del frío.

En el capítulo 4, se aborda “el mecanismo biológico, por el que las temperaturas extremas que se registran en las olas de calor y de frío pueden provocar directamente la muerte de una persona o hacer que una enfermedad previa se agrave y haga que esa persona fallezca ese mismo día o unos días después”. En definitiva, qué mecanismos fisiopatológicos explican estos efectos y qué personas resultan más vulnerables. El capítulo 5 aborda los planes de prevención frente a temperaturas extremas y los autores se preguntan si podemos adaptarnos. Se complementa con una propuesta de evolución que estos planes deberían seguir tomado como referencia las zonas homogéneas climatológicamente, pero también teniendo en cuenta otras variables.

Y para conocer el horizonte temporal, en el capítulo 6 se plantean los potenciales impactos en mortalidad que podrían tener los diferentes escenarios de emisiones* de gases de efecto invernadero (RCP) definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Estas proyecciones se ilustran con el estudio llevado a cabo en Vilna, Lituania, teniendo en cuenta los posibles procesos de adaptación al calor que van a hacer que cada vez haga falta una temperatura más elevada para que comience a aumentar la mortalidad.

El capítulo 7 recoge las conclusiones, pero se agradece sobre todo el optimismo de los autores al recoger una cita de The Lancet que dice: “Luchar contra el cambio climático podría ser la mayor oportunidad del siglo XXI en materia de salud mundial”.

Desde la SESA, agradecemos a los autores la oportunidad que nos han ofrecido de prologar este libro totalmente novedoso en cuanto a su enfoque científico y a su lenguaje claro; además, celebramos su edición porque ayudará a los técnicos que trabajamos con esta variable a poder ponderar, con mejor criterio, las actuaciones que venimos implantando desde nuestros ámbitos laborales con el objetivo fundamental de proteger mejor a la población del conjunto de factores de riesgo ambiental.

Isabel Marín Rodríguez

(presidenta)

José Mª Ordóñez Iriarte

(expresidente)

Sociedad Española de Sanidad Ambiental

Madrid, 31 de agosto de 2017

Capítulo 1

Cambio climático y temperaturas extremas

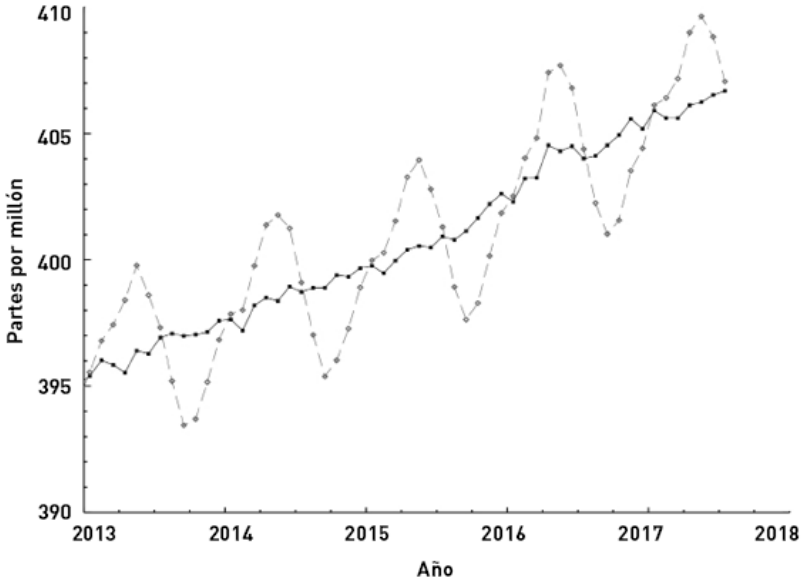
Aunque el término resulte familiar, conviene dejarlo claro desde el principio: el actual cambio climático se define como la alteración del clima de la Tierra producida por las actividades humanas y su inicio reside en el progresivo calentamiento global terrestre, que tiene su origen en lo que científicamente se denomina efecto invernadero. Este proceso por el que la temperatura media de la superficie del planeta aumenta se produce de la siguiente forma: la Tierra recibe radiaciones procedentes del sol, una parte de la energía solar recibida rebota (se refleja) en la atmósfera terrestre, las nubes y el suelo y regresa al espacio exterior, mientras que otra parte de la radiación solar que atraviesa la atmósfera, que se denomina de onda corta, alcanza la superficie terrestre, calentándola. A su vez, la Tierra calentada reemite sus propias radiaciones de calor, denominadas infrarrojas o de onda más larga. Parte de estas radiaciones infrarrojas también escapan al espacio, pero otra parte es atrapada y retenida por los gases de efecto invernadero (GEI)*, calentando las capas bajas de la atmósfera e impidiendo que todo el calor se pierda en el espacio. A mayor concentración de GEI, mayor retención de calor. A pesar de las connotaciones negativas que tiene el efecto invernadero, hasta aquí todo va bien, ya que todo este proceso físico-químico genera unas condiciones que han permitido que, entre otras cosas, la vida en nuestro planeta se mantenga y se desarrolle tal y como la conocemos.

El problema comenzó hace dos siglos, cuando a través de las actividades humanas se empezó emitir una enorme cantidad de GEI. Ese extra de gases incrementa el efecto invernadero natural y provoca un calentamiento que da lugar a un cambio global en el clima terrestre: el cambio climático. Así que el aumento de la temperatura media se debe principalmente al incremento en la atmósfera de la concentración de GEI que retienen la radiación infrarroja procedente de la superficie terrestre. Algunos de estos gases son el dióxido de carbono (CO_2), que es el GEI antropogénico más importante, el metano, el óxido nitroso y diversos gases fluorocarbonados. Las actividades humanas que los generan

mayoritariamente son: el uso de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas) para la obtención de energía, el transporte y la industria. También los producen la tala y quema de bosques, algunas prácticas agrícolas y ganaderas y sus procesos industriales. Este tipo de actividades han hecho que los niveles de CO2 hayan pasado de concentraciones de 280 partes por millón (ppm) en la época preindustrial a más de 400 ppm en la actualidad, pero este incremento no solo se ha observado en las concentraciones de CO2 en la atmósfera, sino que el metano ha pasado de valores de 1.500 partes por billón (ppb) en la década de los años setenta a más de 1.800 ppb en la actualidad, el óxido nitroso de 300 a 325 ppb y los gases fluorocarbonados de 280 a cerca de 500 partes por trillón (ppt) en el mismo periodo de referencia. En todos estos gases la tendencia en sus concentraciones es creciente, con excepción de los gases fluorocarbonados, ya estabilizados como consecuencia del Protocolo de Montreal, que limita sus emisiones para proteger la capa de ozono estratosférico.

Figura 1

Evolución de las concentraciones de CO2 en la atmósfera



FUENTE: NASA/NOAA.

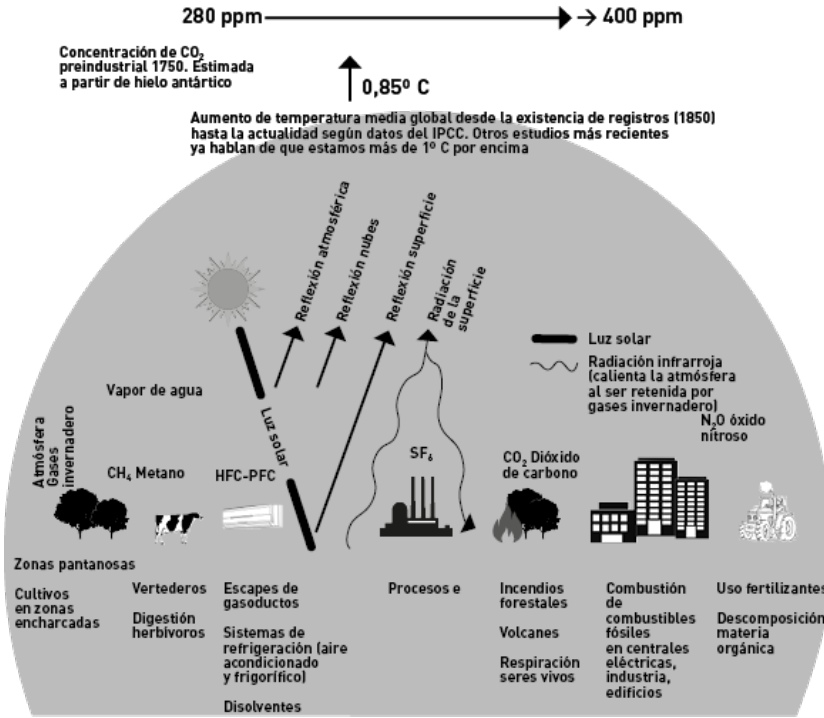
En concreto, en el caso del CO2 cada año se baten nuevos récords en relación con su concentración en la atmósfera: el pasado mes de julio de 2017 alcanzó una media de 407,07 ppm en el Observatorio de Mauna Loa (Hawái, Estados Unidos), uno de los centros de referencia internacional para este tipo de datos. Esta media mensual es la más alta registrada desde que en 1958 se inició el seguimiento instrumental de este gas en esta isla del Pacífico. Además, si se tienen en consideración datos indirectos (como las muestras de aire conservadas en el hielo de los glaciares y las zonas polares), la concentración actual de CO2 en la atmósfera terrestre es el doble de alta que la media de los últimos 400.000 años.

El cambio climático se manifiesta a través de evidencias y observaciones científicas. Se muestra de forma muy significativa en el aumento de las temperaturas medias de la atmósfera en su superficie, pero también en las de los océanos y en la elevación del nivel del mar, la fusión de los hielos de casquetes polares y glaciares, la mayor intensidad de fenómenos meteorológicos

extremos y el desplazamiento del hábitat de especies animales y vegetales. El Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) es un organismo de las Naciones Unidas que es el principal referente en cuanto al cambio climático y señala que este es originado por las actividades humanas con un 95% de probabilidad y que hay una notable evidencia científica de su existencia, además de estar ocurriendo con una intensidad y una rapidez extrema que no se han dado en otros cambios climáticos ocurridos en la historia sin intervención humana. En este sentido, el IPCC señaló taxativamente en su IV Informe de Evaluación del año 2007 que "el calentamiento del sistema climático es inequívoco, como muestran las observaciones de incrementos de las temperaturas medias globales del aire y de los océanos, la fusión generalizada de la nieve y el hielo y el ascenso global medio del nivel del mar". Además, continúa el informe: "Está demostrado científicamente que la causa principal del calentamiento del sistema climático que está teniendo lugar actualmente son las emisiones de GEI que tienen su origen en causas naturales, pero, sobre todo, en las actividades humanas". Por tanto, como indica el IPCC, los impactos son múltiples y resultarán más intensos conforme se incrementen los niveles de GEI en la atmósfera.

Figura 2

Cómo se produce el calentamiento global que origina el cambio climático



FUENTE: JESÚS DE LA OSA (2016): CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD, OBSERVATORIO DE SALUD

Y MEDIO AMBIENTE. DKV-ECODES.

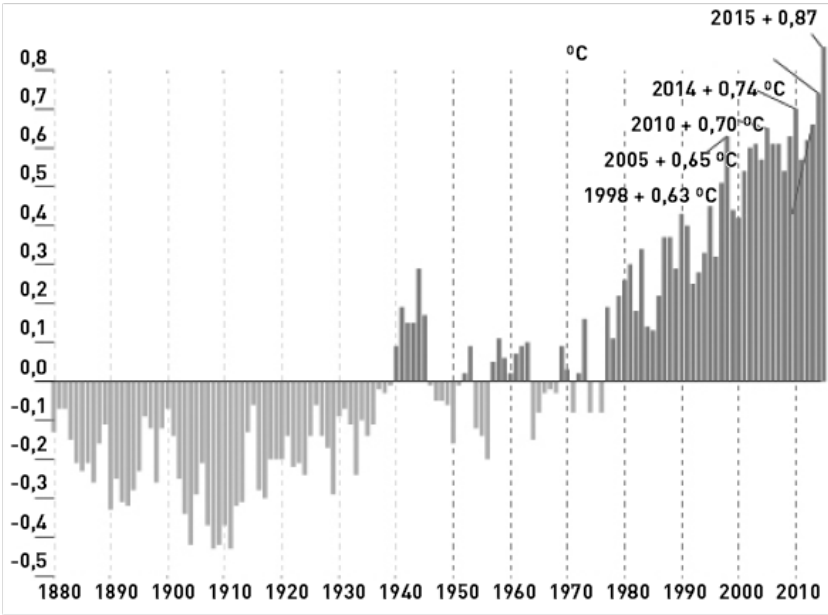
En nuestro mundo globalizado muchos sectores tienen nexos con el cambio del clima. Este hecho está teniendo ya y va a tener en un futuro muchos efectos sobre el sector económico, principalmente en el turismo y la industria de los seguros. Además de afectar a los ecosistemas a nivel mundial y en el sector de la salud, donde los impactos se producen desde niveles locales como los fenómenos urbanos (isla de calor*, contaminación y advecciones de biomasa) o a escala global como las migraciones climáticas, desigualdad y pobreza. La figura 2 resume el mecanismo físico del efecto invernadero, cuáles son las fuentes de emisión de los principales GEI tanto de origen natural como antropogénico, cuáles han sido los niveles de CO2 y qué aumento ha experimentado la temperatura

media global de la Tierra desde la existencia de registros (1850) hasta la actualidad.

Los cambios drásticos en el clima debidos principalmente a la influencia humana comenzaron en 1950, lo que ha supuesto que desde 1880 hasta 2012 la temperatura media global haya aumentado 0,85 ºC (entre 0,65 ºC y 1,06 ºC) (IPCC, 2013). Para trasmitir lo que implica una variación así en la temperatura, podemos centrarnos en el año 2015, que ha sido hasta la fecha el año más cálido jamás registrado: 0,76 ºC por encima del promedio de 1961 a 1990 y 1 ºC por encima de los valores preindustriales. Aquel año, distintas olas de calor afectaron a numerosas regiones del mundo y muchos récords de calor se vieron destronados, según datos de la Organización Meteorológica Mundial (OMM): en Valencia (España), en mayo, se batió un nuevo récord de temperatura de 46,2 ºC (6 grados más alto que el anterior récord para ese mes); en Luxor (Egipto) la temperatura máxima alcanzó 47,6 ºC en julio y en Vredendal (Sudáfrica) se registraron 48,4 ºC en octubre. Estas elevadas temperaturas contribuyeron a una importante pérdida de vidas por ola de calor: 1,2 millones de personas se vieron afectadas por las temperaturas extremas, con un total de 7.346 muertes registradas por calor. De ellas, 3.275 ocurrieron en Francia, 2.248 en India y 1.299 en Pakistán. La gravedad de las olas de calor llevó a Debarati Guha-Sapir, directora del Centro de Investigación sobre la Epidemiología de los Desastres, a insistir en que: “La mortalidad por temperaturas extremas está muy subestimada y necesita una mejor evaluación de su impacto”.

Figura 3

Aumento de la temperatura mundial (1910-2010)



FUENTE: NATIONAL CLIMATE DATA CENTER (NCDC), ESTADOS UNIDOS.

Y la temperatura sigue aumentando. En cuanto a las proyecciones futuras de cambio climático, el IPCC estima para finales del siglo XXI un incremento de la temperatura superficial media de 1 a 3,7 ºC, dependiendo de los distintos escenarios de emisión —el primero en el caso de bajas emisiones (RCP 2,6) y el segundo en el de altas (RCP 8,5)—. Esto irá acompañado de un aumento en el número, la intensidad y la duración de las olas de calor (IPCC, 2013). Concretamente, para la península ibérica se prevé un incremento térmico uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de aumento por década de 0,4 ºC en invierno y de 0,6-0,7 ºC en verano para el escenario menos favorable. En la región mediterránea tendrá lugar un incremento de temperatura superior a la media global, más pronunciado en los meses estivales que en los invernales, y una reducción de la precipitación anual sobre la península ibérica que será más acusada cuanto más al sur. Las precipitaciones se reducirán fuertemente en los meses estivales y, sin embargo, habrá precipitaciones muy intensas y locales

relacionadas con fenómenos tormentosos.

¿Cómo afecta el cambio climático a nuestra salud?

En el año el año 2015, Chris Dye, director de estrategia en la Organización Mundial de la Salud (OMS) señalaba: “El cambio climático no causa enfermedades, sino que magnifica los efectos de muchas de ellas”. La OMS calcula que el cambio climático causará unas 250.000 muertes adicionales al año entre 2030 y 2050 como consecuencia de las modificaciones en las características de las enfermedades. Muchas enfermedades son muy sensibles a los cambios de temperatura y pluviosidad; entre ellas figuran enfermedades transmitidas por vectores, por ejemplo, el paludismo y el dengue. Esta última es transmitida por los mosquitos Aedes aegypti y Aedes albopictus y tiene su distribución asociada al clima. Su incidencia mundial se ha incrementado 30 veces a lo largo de los últimos 50 años. Durante las dos últimas décadas, las condiciones climáticas se han vuelto más adecuadas para A. albopictus en algunas áreas, por ejemplo en el noroeste de Europa central. Otro ejemplo del cambio en una enfermedad de este tipo es la extensión de la distribución de A. aegypti, vector también de los virus que causan, por ejemplo, Zika y Chikungunya. Se han registrado ya eventos en nuestro continente por los que a consecuencia del calentamiento global, el A. aegypti ha llegado a áreas de alta densidad de población que históricamente han estado libres de este vector.

También las enfermedades alérgicas son sensibles al clima: condiciones más cálidas favorecen, en general, la producción y liberación de alérgenos transportados por el aire (pólenes, esporas, etc.) que tienen efectos sobre las enfermedades respiratorias alérgicas.

Además, la contaminación atmosférica, que ya impacta negativamente de forma directa sobre la salud humana, se verá incrementada de diferentes formas por los efectos indirectos del

cambio climático, lo que aumentará los efectos sobre la salud de algunos contaminantes, especialmente el material particulado* y el ozono troposférico*. El cambio climático, a través de la modificación de patrones en la frecuencia e intensidad de algunos fenómenos meteorológicos (mayores temperaturas, cambios en las precipitaciones, periodos de mayor estabilidad atmosférica, etc.), influye en los procesos de formación, transporte, dispersión y deposición de los contaminantes. Así, episodios cada vez más frecuentes e intensos en nuestras latitudes, como la advección de polvo del Sahara en periodos cálidos, incrementarán el nivel base de material particulado de nuestras ciudades, principalmente la fracción denominada PM10, amplificando los riesgos para la salud derivados. Los incendios forestales, frecuentes en periodos estivales, contribuyen también a advecciones por combustión de biomasa, incrementando igualmente las partículas en el aire que respiramos.

Por último, es especialmente importante el efecto del ozono troposférico (O3), que se genera y se mantiene más fácilmente en ambientes de nubosidad reducida, disminución de la frecuencia de precipitaciones y, sobre todo, aumento de temperaturas. Los niveles de ozono aumentaron notablemente durante la ola de calor de 2003 en Europa. Se prevé que el cambio climático incremente sus niveles en amplias áreas de Estados Unidos y Europa en verano. Algunos estudios ya apuntaban que la mortalidad aguda relacionada con el ozono en Estados Unidos se incrementaría entre un 4 y un 5% entre 1990 y 2050 exclusivamente por la acción del cambio climático.

Otras grandes causas de exceso de mortalidad* atribuible* al cambio climático son la malnutrición y las diarreas, debidas al incremento en frecuencia e intensidad de los fenómenos meteorológicos extremos, como olas de calor, inundaciones y sequías que conducen a la escasez de alimentos y a los desplazamientos de población. Hay que tener en cuenta además los impactos sobre los sistemas sociales en aspectos tales como la seguridad alimentaria, la capacidad laboral, la salud mental y otros efectos como el aumento de la presión sobre los sistemas de atención de la salud. A escala mundial, más de la mitad de las jornadas laborales se desarrollan al aire libre, sobre todo en la agricultura y la construcción, lo que, asociado al cambio climático, conlleva un alto riesgo para la salud por la exposición a condiciones

más cálidas y extremas. Los desastres naturales ligados al cambio climático destruyen los hogares, las infraestructuras de comunicación y afectan a los equipamientos sanitarios, reduciendo su capacidad de respuesta.

Por otra parte, se estima el coste económico de los daños directos para la salud del cambio climático entre los 2.000 y los 4.000 millones de dólares de aquí al 2030. Sin embargo, estas cifras económicas y de mortalidad están muy subestimadas y serían muy superiores si se consideraran también los impactos indirectos, a corto y largo plazo.

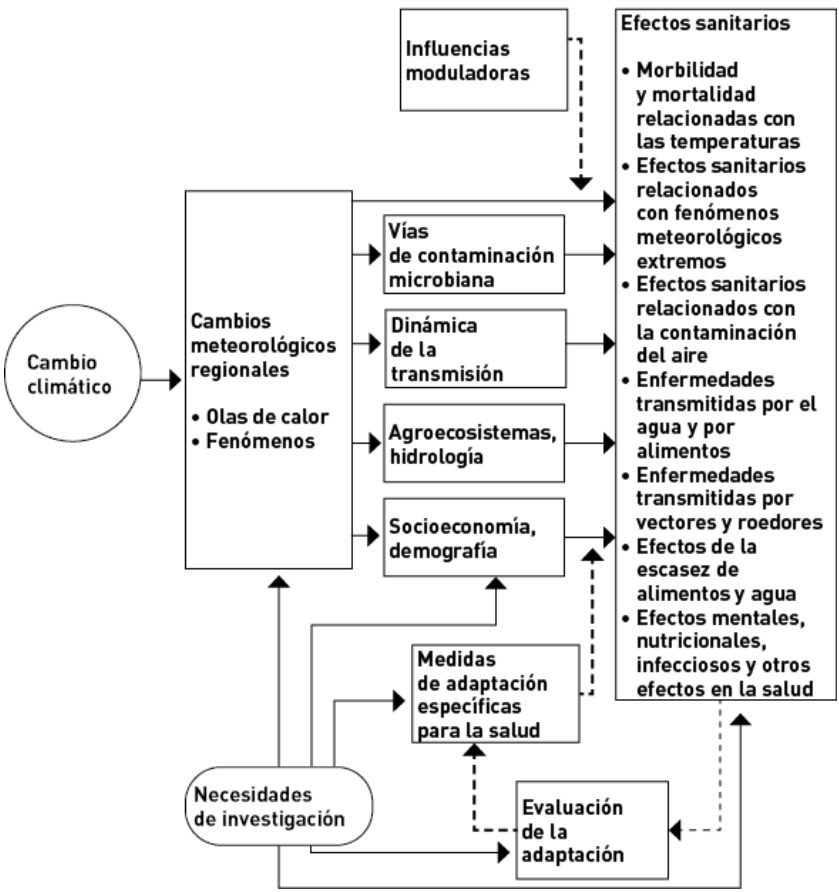
Por lo tanto, el cambio climático representa una amenaza emergente considerable para la salud pública y modifica la manera en que debemos valorar la protección de las poblaciones vulnerables. Todas las poblaciones están expuestas a los impactos negativos en salud que el cambio climático provoca, pero hay algunas circunstancias que aumentan la susceptibilidad, entre las que se encuentran la ubicación geográfica y las desigualdades socioeconómicas. Las repercusiones del clima en la salud humana no se distribuirán uniformemente en el mundo, sino que afectarán en mayor medida a las poblaciones de los países en desarrollo, en particular a los pequeños estados insulares, las zonas áridas y de alta montaña y las zonas costeras densamente pobladas. La diferente incidencia en las distintas regiones y la posibilidad o no de adaptarse a estos cambios van a ser esenciales para que las poblaciones afectadas puedan vivir en sus hábitats o tengan que desplazarse a otros lugares. En la figura 4 se muestran los efectos directos e indirectos que el cambio climático provoca sobre la salud humana.

Pero no se trata de posibles repercusiones futuras, sino que, según afirma The Lancet: “Los efectos del cambio climático se dejan sentir ya hoy en día, y las proyecciones para el futuro representan un alto riesgo, inaceptable y potencialmente catastrófico para la salud humana”. Esta misma prestigiosa revista en 2009 no dudó en denominar al cambio climático “la mayor amenaza para la salud global del siglo XXI” y 6 años después la Comisión de 2015 de Salud y Cambio Climático de The Lancet, en su informe “Salud y cambio climático: respuestas políticas para proteger la salud pública”, pasa

a la acción articulando un conjunto de propuestas para la lucha contra el cambio climático y añade que “luchar contra el cambio climático podría ser la mayor oportunidad del siglo XXI en materia de salud mundial”.

Figura 4

Impacto del cambio climático en la salud humana



FUENTE: INFOGRAFÍA EXTRAÍDA DE LA OMS (HTTP:// WWW.WHO.INT/GLOBALCHANGE/CLIMATE/ES/)

Medidas de intervención: mitigación y adaptación contra las temperaturas extremas

Una vez expuesta la gravedad del problema, si pasamos al ámbito de las soluciones la conclusión es que la puesta en marcha de mecanismos de adaptación y mitigación a nivel mundial es crucial para reducir los impactos del cambio climático. Entendiendo por mitigación aquellas acciones que van encaminadas hacia la reducción de la magnitud del cambio climático, como por ejemplo la reducción de las emisiones, y por adaptación el conjunto de acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad ante los cambios climáticos. Es decir, la mitigación pretende curar las causas, mientras que la adaptación se dirige a aliviar los síntomas.

En este ámbito conceptual el día 12 de diciembre del año 2015 se aprobó en París, en el marco de la COP21 de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático, por 195 países y tras rebajar en numerosas ocasiones los objetivos y propuestas iniciales para alcanzar el consenso, el Acuerdo de París sobre Cambio Climático. Todos los estados miembros de las Naciones Unidas firmaron este acuerdo sobre el clima y es importante señalar que resulta vinculante. El Acuerdo reconoce que "la adaptación es un desafío mundial que incumbe a todos, con dimensiones locales, nacionales, regionales e internacionales, y que es un componente fundamental de la respuesta mundial a largo plazo frente al cambio climático y cuyo fin es proteger a las personas, los medios de vida y los ecosistemas". El objetivo global del mismo es mantener el incremento de la temperatura media mundial por debajo de los 2 ºC respecto a los niveles preindustriales. 187 países de los 195 que forman parte de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático entregaron sus compromisos nacionales tentativos de lucha contra el cambio climático. El Acuerdo entrará en vigor en 2020 y se revisará cada 5 años. No habrá sanciones, pero sí un mecanismo transparente de seguimiento del cumplimiento. Las metas a largo plazo se comprometen a lograr un equilibrio entre los gases emitidos y los que puedan ser absorbidos

en la segunda mitad del siglo, es decir, ser neutros en carbono. Además se reconoce la responsabilidad histórica de los países desarrollados que deben contribuir a financiar la mitigación y la adaptación de los estados en desarrollo, y se reconoce también la necesidad de poner en marcha mecanismos de “pérdidas y daños” asociados a los efectos más adversos del cambio climático a los cuales un país ya no se puede adaptar, como la subida del nivel del mar o las tormentas extremas.

En la figura 5 se muestran las fases claves del Acuerdo de París.

Figura 5

Fases clave del Acuerdo de París

FUENTE: JESÚS DE LA OSA (2016): CAMBIO CLIMÁTICO Y SALUD, OBSERVATORIO DE SALUD Y MEDIO AMBIENTE. DKV-ECODES.

Aunque actualmente un sentimiento de desánimo sobrevuela este tipo de alianzas y compromisos, sobre todo desde que el pasado mes de agosto de 2017 Estados Unidos comunicase a las Naciones Unidas el abandono de este acuerdo, es importante no detener el progresivo desuso de los combustibles fósiles y la adopción de fuentes de energía de baja huella de carbono. Las acciones para conseguir sobre todo que el sector industrial reduzca su consumo energético, aumente su eficiencia y reduzca sus emisiones, aplicando las mejores técnicas disponibles presentan importantes cobeneficios para la salud y los ecosistemas.

Capítulo 2

¿Qué es una ola de calor o una ola de frío?

Definición de ola de calor y de ola de frío en salud

De un modo intuitivo, todo el mundo sabe lo que es una ola de calor o una ola de frío. Pero esa intuición personal es subjetiva y desde un punto de vista científico no basta, sino que hay que dar una definición objetiva que pueda utilizarse en diferentes lugares y ser comparable. La primera aproximación que se nos ocurre es utilizar una definición de ola de calor o de frío desde un punto de vista climatológico. La Agencia Estatal de Meteorología española (AEMET) tampoco presenta una definición única, ya que expone las siguientes preguntas previas a la definición de ola de calor: "Uno de los principales problemas al hablar de 'olas de calor' es que no existe una definición única y precisa del término; sabemos que se trata de episodios de temperaturas anormalmente altas, que se mantienen varios días y afectan a una parte importante de nuestra geografía. Ahora bien, ¿qué valor tienen que alcanzar las temperaturas para poder considerarse ola de calor?, ¿cuántos días tienen que mantenerse?, ¿qué superficie tiene que verse afectada?".

Esa imprecisión en el término da lugar a interpretaciones subjetivas de lo que es una ola de calor, observándose en muchas ocasiones una tendencia a exagerar sobre el tema. En verano es normal que haga calor y no podemos hablar de ola de calor cuando las temperaturas, aun siendo altas o incluso muy altas, sean relativamente habituales en el periodo estival. Por ejemplo, en Sevilla aproximadamente en el 60% de los días de julio y agosto se registran máximas por encima de 35 ºC y el 25% por encima de 38 ºC Por tanto, un día con una máxima de 38 ºC en Sevilla será un día muy caluroso, pero no lo suficiente como para ser candidato a ola de calor en la localidad. Por el contrario, en Molina de Aragón la temperatura máxima absoluta registrada hasta la fecha es precisamente de 38 ºC, por lo que una máxima de 38 ºC allí sí podría formar parte de un episodio de ola de calor.

Por ello, al establecer los umbrales de temperatura, hay que considerar varios aspectos: por un lado, que los valores “normales” de las mismas difieren mucho de unas zonas a otras y, por tanto, no se puede establecer el mismo límite para todas las estaciones consideradas; por el otro, que unos umbrales demasiado laxos darían como resultado que el número de episodios de ola de calor de cada verano fuese muy elevado, perdiendo por tanto el carácter de excepcionalidad que se les supone, mientras que, si son demasiado estrictos, podrían no detectarse algunos episodios. Tras probar con distintos umbrales, el criterio seleccionado por la AEMET es el siguiente:

Se considera ola de calor a un episodio de al menos tres días consecutivos, en que como mínimo el 10% de las estaciones consideradas registran máximas por encima del percentil del 95% de su serie de temperaturas máximas diarias de los meses de julio y agosto del periodo 1971-2000.

Ahora bien, lo que nos interesa es definir la ola de calor desde el punto de vista de la salud. Así, para saber los efectos que tienen las bajas o altas temperaturas sobre la salud, hay que utilizar unos indicadores en salud que son una serie de valores objetivos de diversos parámetros sanitarios, como pueden ser el número de muertes diarias que se producen en un determinado lugar, el número de ingresos hospitalarios por urgencias, las llamadas a los servicios de atención domiciliaria urgente o el número de visitas a consultas de atención primaria. Es evidente que todos estos indicadores deben, en principio, reflejar el impacto que las temperaturas extremas tienen sobre la salud, pero para la definición de ola de calor o de frío habrá que elegir uno con el menor grado de incertidumbres posibles, tanto en el número de sucesos diarios que ocurren como en la clasificación médica de la causa específica que se ha visto afectada por las temperaturas extremas. Entre todos los indicadores anteriores es la mortalidad diaria la que ofrece mayores

garantías para ser utilizada como indicador de salud para la definición de ola de calor o frío no solo por lo ya citado, sino porque de la mortalidad diaria existen registros sobradamente extensos para poder elaborar series temporales lo suficientemente largas para poder ser utilizadas en posteriores análisis estadísticos.

Una vez determinada la mortalidad diaria como variable sobre la que se va a medir el impacto en salud de las olas de calor y de frío, queda por determinar la variable meteorológica que se va a utilizar para definir la ola de calor o de frío.

Existen diferentes variables meteorológicas que pueden caracterizar una ola de calor o de frío, como son la temperatura máxima diaria, la temperatura mínima diaria o la temperatura media diaria. Pero desde el punto de vista de los posibles efectos en salud, en principio cabría considerar otras variables meteorológicas que pueden influir en el impacto del calor o del frío sobre la mortalidad diaria. Para el caso del calor, la humedad del aire juega un papel muy importante, ya que es conocido que una de las formas de disminuir la temperatura corporal es mediante la sudoración. Al sudar, las moléculas con temperaturas más altas abandonan la piel, quedando en ella las de menor temperatura, con lo que se produce un proceso de refrigeración. Este mecanismo es el mismo por el que se mantiene fría el agua en un botijo. Pero también es conocido que cuanto mayor es el contenido de vapor de agua en la atmósfera, más difícil es el proceso de evaporación. Esto es lo que en lenguaje coloquial se llama “bochorno”. Es decir, ¿habrá que introducir junto a la temperatura diaria algún índice que tenga en cuenta el contenido de vapor de agua en la atmósfera?

En el año 1979, Stedman introduce un índice que denomina temperatura aparente* y que tiene en cuenta de forma conjunta tanto la temperatura como la humedad relativa del aire. Esta temperatura aparente es la utilizada por el US Nacional Weather Service para dar las alarmas por un calor excesivo y es la base de varios planes de prevención de olas de calor, fundamentalmente en ciudades de Estados Unidos y Canadá. Pero el asunto no es tan sencillo. En contra a lo anteriormente citado de que las humedades relativas altas aumentarían el efecto sobre la salud del calor excesivo, algunos autores consideran que el papel de la

transpiración en la disminución de la temperatura corporal ha sido exagerado; otros encuentran relación en ambientes secos con un aumento de los efectos de los contaminantes, especialmente el ozono y las partículas. Lo cierto es que no existe un patrón consistente que relacione de forma uniforme en todas las ciudades humedad y mortalidad.

Al igual que, para el caso del calor, el contenido en vapor de agua de la atmósfera es un elemento a tener en cuenta a la hora de evaluar su posible impacto sobre la mortalidad, en el caso del frío existe una variable meteorológica, la velocidad del viento, que puede aumentar la sensación de frío y que se ha venido a denominar sensación térmica* para incluir el efecto conjunto de las bajas temperaturas con elevadas velocidades del viento. También Steadman, en el año 1984, introduce el término denominado wind chill*, que de forma conjunta considera tanto la temperatura mínima diaria como la velocidad del viento. Asimismo, existen estudios en los que este wind chill expresaría una asociación más robusta con la mortalidad que la temperatura mínima diaria considerada de forma aislada, pero también hay investigaciones que indican todo lo contrario.

Por lo anteriormente expuesto, parece que no es sencillo establecer un índice universal, basado en unos pocos parámetros meteorológicos o en la relación entre estos, capaz de dar explicación a la multiplicidad de situaciones climáticas que existen en todo el planeta. Por otro lado, la complejidad de la relación entre las poblaciones y el clima en el que se desarrollan aconseja un estudio individual de cada situación geográfica.

Por lo tanto, se propone definir una ola de calor o de frío en función de la variable temperatura máxima, mínima o media diaria, seleccionando aquella de las tres que estadísticamente refleje una asociación más robusta con la mortalidad diaria. Se trata de determinar la temperatura a partir de la cual la mortalidad diaria se verá modificada por el efecto de la temperatura. Esta será la temperatura umbral a partir de la cual hablaremos de una ola de calor o de una ola de frío.

Las otras variables antes citadas, como el contenido de vapor de agua en la atmósfera, medido a través de la humedad relativa, o la

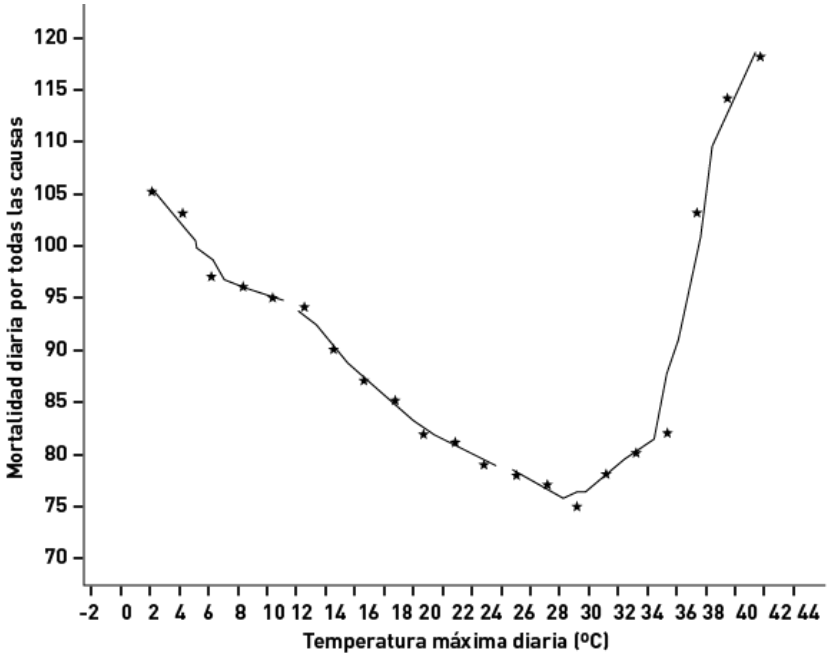
velocidad del viento media diaria, se suelen introducir de forma separada en los procesos de análisis para cuantificar los impactos de las temperaturas extremas sobre la mortalidad, como se describirá en un capítulo posterior.

¿Cómo se establecen las temperaturas umbrales de definición de ola de calor y frío?

Para visualizar cómo la mortalidad diaria se ve afectada por la temperatura es necesario realizar un gráfico como el mostrado en la figura 6, que corresponde a la ciudad de Madrid. En el eje X se representa la temperatura máxima diaria separada por intervalos de 2 en 2 ºC. En el eje Y se representa la mortalidad media diaria por todas las causas que se ha producido en Madrid en el periodo 1986-1997 los días que se registra esa temperatura máxima diaria. Como puede observarse, la temperatura, frente a la mortalidad, presenta una forma de "V", con una temperatura máxima diaria para la cual la mortalidad diaria es mínima. Esta se denomina temperatura de confort* o de mínima mortalidad, y para la ciudad de Madrid corresponde a una temperatura máxima diaria de 31 ºC en el periodo de tiempo considerado.

Figura 6

Representación de la mortalidad y de la temperatura máxima diaria en la ciudad de Madrid en el periodo 1986-1997



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (ALBERDI ET AL.,1998).

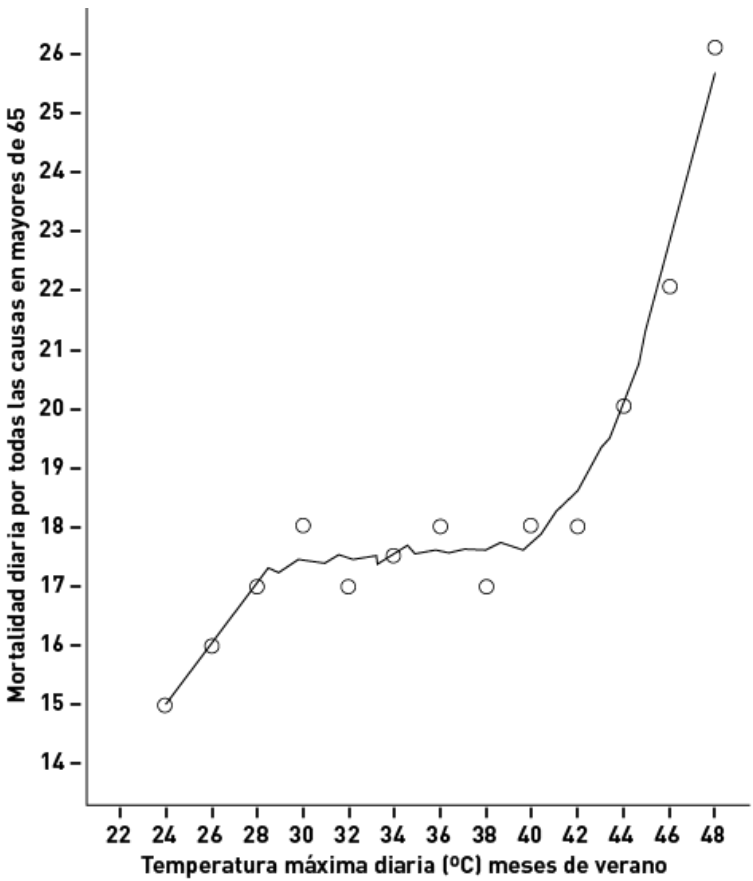
A partir de esta temperatura de confort comienza a aumentar la mortalidad de forma lineal, a medida que lo hace la temperatura máxima diaria, hasta llegar a una temperatura máxima diaria de 36,5 ºC, a partir de la cual este incremento de mortalidad se produce de forma brusca. A esta máxima diaria se la denomina temperatura umbral o de disparo y es la temperatura a partir de la cual se define una ola de calor para la ciudad de Madrid en el periodo considerado.

En la figura 6 se observa también que, a medida que decrece la temperatura máxima por debajo de 31 ºC, va aumentado la mortalidad también de forma lineal, aunque con una menor inclinación o pendiente que lo que sucede en el calor, hasta llegar a una máxima diaria situada en 5 ºC, que es la temperatura de disparo de la mortalidad por frío en la ciudad de Madrid y, por tanto, de definición de ola de frío.

Ahora bien, ¿todas las ciudades de España tienen la misma forma de distribución de la mortalidad en función de la temperatura? Para responder a esta pregunta, se muestra la figura 7, que corresponde a la distribución de la mortalidad media diaria en la población mayor de 65 años en función de la temperatura máxima diaria para la ciudad de Sevilla para el caso del calor.

Figura 7

Representación de la mortalidad y de la temperatura máxima diaria en la ciudad de Sevilla para los meses de verano



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL., 2015A).

Como puede verse en esta figura, la mortalidad comienza a aumentar de forma brusca a partir de una temperatura máxima diaria de 41 ºC.

Es decir, cada ciudad tiene una temperatura umbral o de definición de ola de calor que habrá que determinar. Así, pues:

Se definirá ola de calor a aquel o aquellos días en los que la temperatura máxima diaria supere una determinada temperatura umbral que previamente se ha calculado para cada ciudad.

A diferencia de la definición climatológica de AEMET, solo un día en que la máxima diaria supere esa temperatura umbral ya constituye una ola de calor desde el punto de vista de la salud. Evidentemente la duración de la ola de calor es importante, es decir, el número de días en los que se supere la temperatura umbral, o en cuántos grados se supere esa temperatura umbral, va a influir en el impacto que las altas temperaturas tienen sobre la mortalidad, tal y como se mostrará en capítulos posteriores.

Al igual que ocurría para el calor, la temperatura de definición de ola de frío varía de unas ciudades a otras. Está claro que la temperatura máxima diaria presenta una alta correlación con la mínima diaria, y aunque en la figura 6 se puede determinar la temperatura de definición de ola de frío en función de la temperatura máxima diaria, lo cierto es que la temperatura que presenta un comportamiento más claro en relación con su efecto sobre la mortalidad diaria es la temperatura mínima diaria. Por tanto, desde el punto de vista de salud:

Se definirá ola de frío a aquel o aquellos días en los que la temperatura mínima diaria esté por debajo de una determinada temperatura umbral que previamente se ha calculado para cada ciudad.

Aunque el método de determinación de las temperaturas umbrales de calor y de frío que se ha expuesto anteriormente es adecuado, desde el punto de vista técnico existen algunas deficiencias que hay que solucionar. Por ejemplo, puede ocurrir que, junto con las altas temperaturas, existan otros elementos presentes en la atmósfera —como el ozono troposférico o las partículas materiales— que influyan en la mortalidad diaria y que sean la causa del aumento de la mortalidad y no la temperatura. O para el caso del frío que, por ejemplo, sea la gripe la que provoque el aumento de la mortalidad y no las bajas temperaturas. En el próximo capítulo se expondrá cómo se pueden eliminar matemáticamente estos efectos a la hora de determinar de forma clara estas temperaturas umbrales.

¿Tienen algo en común las temperaturas umbrales de definición de ola de calor o de frío?

Anteriormente se ha visto que la temperatura umbral de definición de ola de calor para la ciudad de Madrid correspondía a una máxima diaria de 36,5 ºC y para Sevilla de 41 ºC, otros estudios mostraron que para Barcelona era de 30,5 ºC y en la ciudad de Lisboa, 34 ºC. Todas estas temperaturas tienen algo en común y es que corresponden al percentil* 95 de las series de temperatura máxima de los meses de verano (junio-septiembre). Es decir, que únicamente el 5% de los días de verano se superan estas temperaturas, o bien el 95% de los días no se alcanzan estos valores

máximos. Lo que nos indicaría que solo el 5% de los días de verano se hablaría de ola de calor.

Para el caso del frío hay menos estudios realizados que para el del calor, pero para Madrid, se conoce que la temperatura máxima de 5 ºC corresponde al percentil 5 de las temperaturas máximas diarias de los meses de invierno (noviembre-marzo).

Es decir, según este criterio, la población estaría habituada a vivir entre los percentiles 5 y 95 (extrapolando los resultados existentes hasta 2003) de las temperaturas máximas de su zona geográfica: por debajo habría un exceso importante de mortalidad por frío y por encima, la mortalidad sería por calor.

Lo anteriormente expuesto en este capítulo es lo que se conocía sobre los efectos en salud de las olas de calor cuando se produjo la ola de calor de 2003 cuyo efecto se describirá en detalle más adelante.

Capítulo 3

Las temperaturas extremas en España y sus efectos

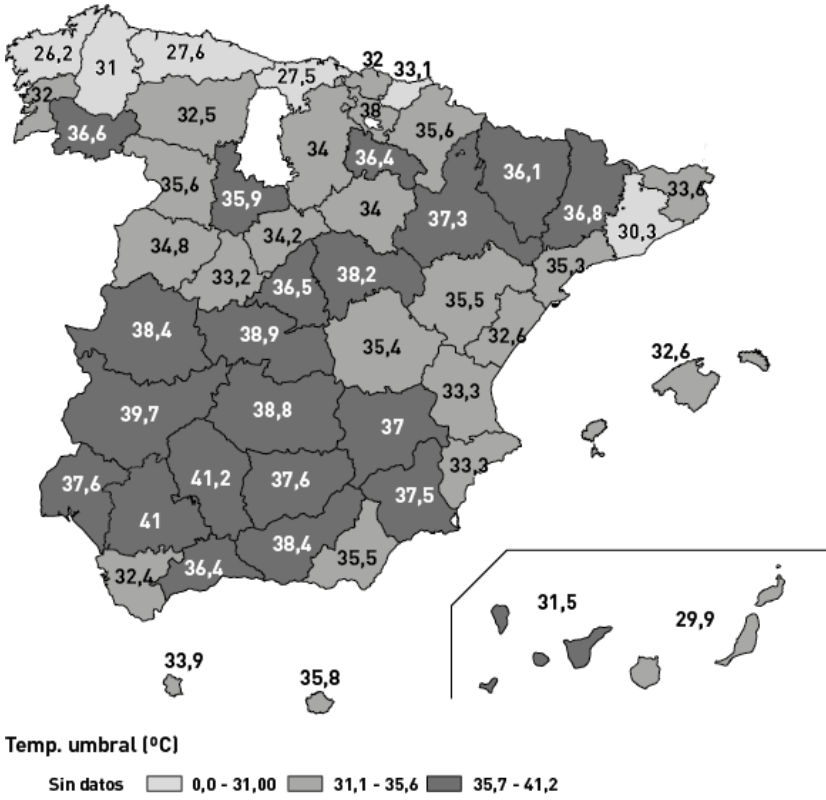
Cómo responde España ante las olas de calor y de frío

Tras la ola de calor que sufrió Europa en el año 2003, que supuso un exceso de 6.600 muertes en nuestro país y de 70.000 en Europa, el Ministerio de Sanidad puso en marcha en el verano del año 2004, con base en los conocimientos hasta la fecha y descritos en el capítulo anterior, el Plan Nacional de Actuaciones Preventivas de los Efectos del Exceso de Temperaturas sobre la Salud (PNAP).

El Ministerio de Sanidad consideró las temperaturas umbrales de definición de ola de calor para cada provincia en función del percentil 95 de las series de temperaturas máximas de los meses de verano. Como cada provincia presenta su propia serie climatológica (periodo 1980-2003) registrada en el observatorio meteorológico de referencia, se determinó cuáles eran estas temperaturas umbrales, que se pueden observar en la figura 8.

Figura 8

Temperaturas umbrales (ºC) de ola de calor basadas en el percentil 95 para cada provincia de España para el periodo 1980-2003



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ, CARMONA Y LINARES. 2015).

Por otro lado, observando el mapa de temperaturas máximas puede parecer, a simple vista, que es en la zona sur de España donde más impacto debería tener el calor sobre la población al registrarse las temperaturas más elevadas (color rojo). Pero, evidentemente esto no es así, puesto que lo importante, en este caso, no es el valor de la temperatura máxima registrada, sino cuánto se separa esta temperatura máxima diaria de la temperatura umbral. Es decir, una ola de calor será más intensa cuando los valores registrados más se separan de su temperatura umbral. Matemáticamente se puede diseñar un índice que caracterizará la intensidad de las olas de calor (IOC)*, y que contraste las temperaturas máximas registradas

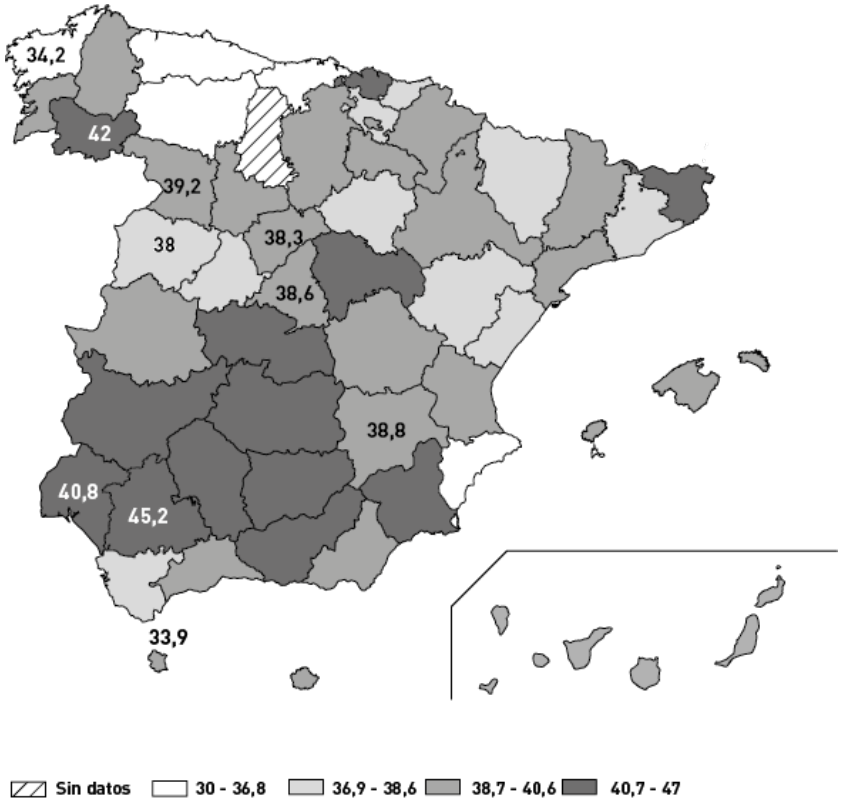
(Tmax) con los umbrales de temperaturas máximas considerados según el percentil 95 (Tumbral). Dicho índice mide en cuántos grados centígrados la temperatura máxima excede el umbral de ola de calor.

$IOC = \Sigma (Tmax - Tumbral)$ si $Tmax > Tumbral$

$IOC = 0$ si $Tmax < Tumbral$

Figura 9

Temperaturas máximas (ºC) registradas en los meses de julio-agosto del año 2003 en España

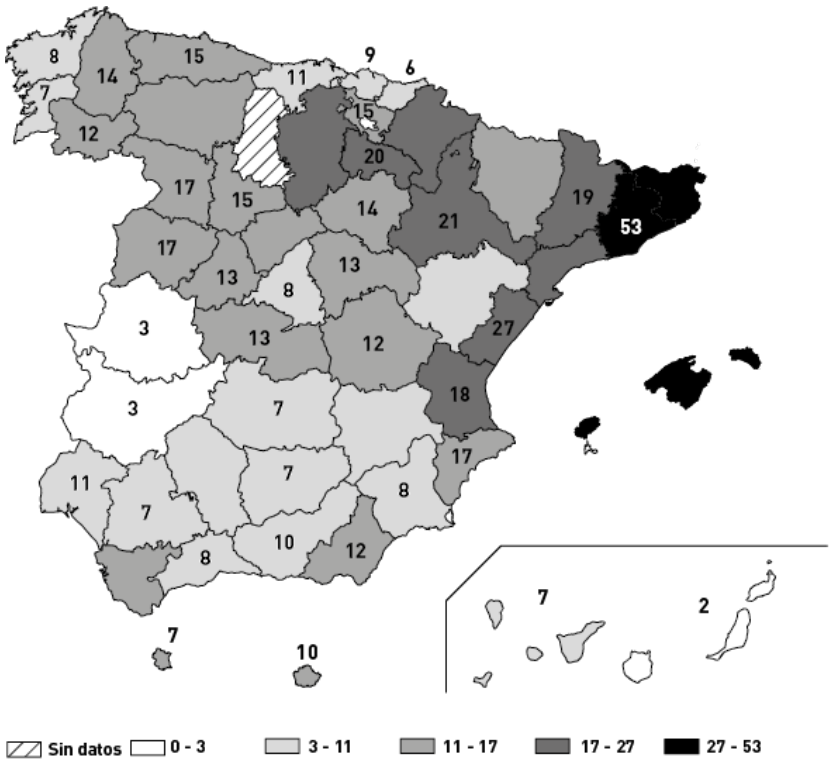


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ, CARMONA Y LINARES, 2015).

El índice de intensidad de ola de calor se extiende a todos los días de duración de ola de calor. Para explicar su funcionamiento, se presenta como ejemplo lo que sucedió en la ola de calor de 2003 en España. En la figura 9, se muestran los valores de las temperaturas máximas diarias para cada provincia española registradas durante los meses de julio y agosto durante el verano de 2003.

Figura 10

Número de días de superación de la temperatura umbral por provincias en el periodo julio-agosto del año 2003



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL. 2015c).

Si se aplica el IOC descrito, se puede obtener la figura 10, donde, a diferencia de lo que se observaba en la figura 8, la zona norte y noreste fueron las más afectadas por las altas temperaturas al sobrepasarse los umbrales de ola de calor un mayor número de días y siendo la IOC superior en estas regiones. Por tanto, puede decirse que el problema no está en las temperaturas, sino en lo que estas se separan de los umbrales. Estos datos fueron corroborados con posterioridad por múltiples estudios realizados sobre el impacto de la ola de calor 2003 en España que pueden consultarse en la bibliografía.

Cómo se determina la temperatura umbral

Debido a la premura con la que se implantó el PNAP frente a las olas de calor en España en el año 2004, se supuso que en todas las provincias la mortalidad debida al calor aumentaba a partir del percentil 95 de las series de temperaturas máximas diarias de los meses de verano, como se explicó en el capítulo anterior. Estudios posteriores realizados a partir del año 2007 indicaron que no siempre la mortalidad comienza a aumentar a partir de este percentil. De este modo, se llevaron a cabo estudios en Castilla-La Mancha considerando una nueva metodología en el cálculo de los umbrales de temperatura basada en criterios epidemiológicos*, es decir, mediante la determinación de la temperatura a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad y no en meros percentiles climatológicos*, como hasta entonces. Los resultados obtenidos en estos últimos estudios cuestionaban los anteriores, al observarse que esta temperatura de disparo no coincidía en muchos casos con el percentil 95, como puede observarse en la figura 11, sino que la temperatura de disparo correspondía en ocasiones a percentiles por encima del 95 y en otros casos por debajo. Se observó también que existía una relación entre el porcentaje de mayores de 65 años y el percentil de la temperatura umbral de disparo de la mortalidad por ola de calor. Así, cuanto más envejecida era la población, más bajo era el percentil de temperatura de ola de calor, esto es, menos temperatura “soportaba” la población. Por tanto, era razonable utilizar esta nueva metodología que tenía en cuenta factores como la estructura de la población para el cálculo de los umbrales de temperatura en el resto de España.

Figura 11

Temperatura umbral de disparo para el calor, percentiles asociados y porcentaje de mayores de 65 años en las provincias de la comunidad autónoma de Castilla-La Mancha para el

periodo 1975-2003

Provincia	Umbral de Tmax (ºC)	Percentil	Mayores de 65 años por
Albacete	36	97	18,02
Ciudad Real	35	93	19,78
Cuenca	32	92	24,97
Guadalajara	35	95	19,52
Toledo	38	97	19,06

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (MONTERO ET AL., 2012).

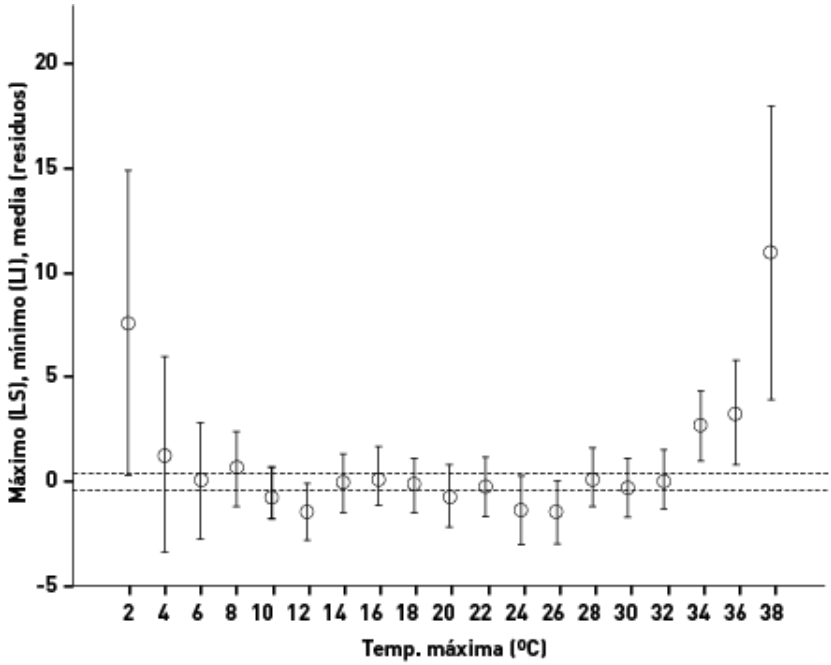
Parece claro, por tanto, que es necesario determinar esta temperatura de disparo para cada una de las 52 capitales de provincia. Por otro lado, la determinación de la temperatura umbral a partir de la representación de gráficas mortalidad-temperatura como se ha explicado en las figuras 5 y 6 presentaba un problema metodológico, y es que con esta representación no se puede asegurar si los excesos de mortalidad que se observan a partir de una determinada temperatura se deben directamente al calor o a otras causas que también se dan en estos días. Por ejemplo, los valores más altos de ozono troposférico suelen darse los días con alta insolación y, por tanto, con elevadas temperaturas, por lo que no se puede asegurar si ese exceso de mortalidad se debe a la temperatura o al ozono. Para solucionar este problema, en vez de representar en el eje Y la mortalidad, se representarán las anomalías de mortalidad*, es decir, esa parte de la mortalidad cuyo comportamiento no se corresponde con la evolución normal de la mortalidad. Si a partir de una determinada temperatura comienzan a aumentar estas anomalías de mortalidad, se puede decir que la causa está en la temperatura y no en otra variable.

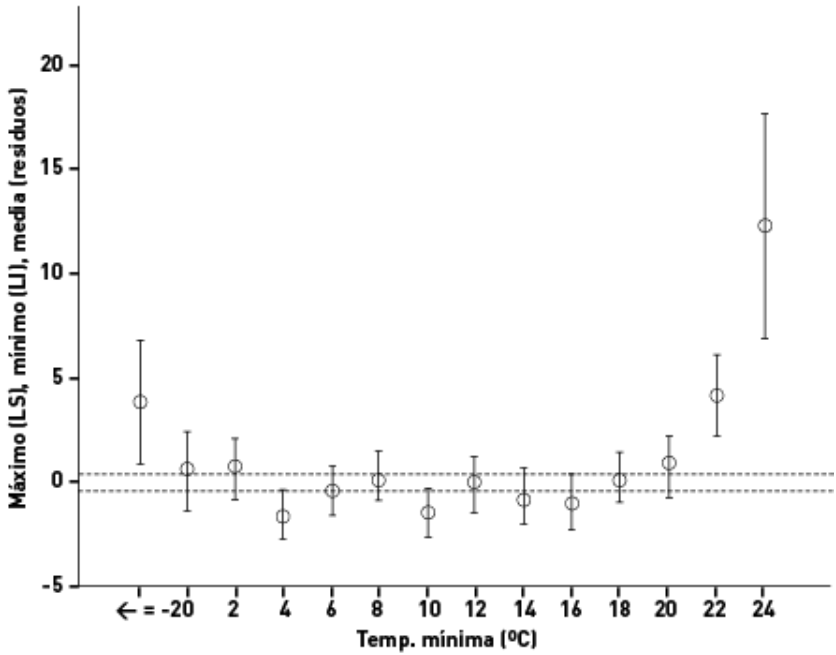
Con este fin, teniendo en cuenta la mortalidad diaria de cada una de las 52 provincias de España en el periodo 2000-2009 y las temperaturas máximas y mínimas diarias registradas en los observatorios de referencia de cada provincia, se determinaron los umbrales de ola de calor y frío mediante criterios epidemiológicos a través de análisis de series temporales. Para calcular las anomalías de la mortalidad se calculó un modelo estadístico de tipo ARIMA* para la mortalidad diaria de cada provincia (este modelo da el comportamiento normal o esperado de la mortalidad), obteniéndose los residuos o anomalías como la diferencia entre el valor observado y el estimado por el modelo. A continuación se representa en un diagrama de dispersión el valor medio de dichos residuos o anomalías de mortalidad (eje Y) y cada temperatura máxima/ mínima diaria (eje X) junto con sus correspondientes intervalos de confianza (IC) al 95%, incluyendo además el IC al 95% de la media de los residuos para todo el periodo de estudio (líneas paralelas y discontinuas). La temperatura umbral o de disparo de ola de calor es aquella a partir de la cual los residuos o anomalías de mortalidad

aumentan de forma significativa respecto a la media (se separa de las líneas horizontales). Así, para Madrid, la temperatura de disparo por calor/frío queda establecida en 34 ºC (percentil 82 de las series de temperaturas máximas diarias de los meses de verano) y -2 ºC (percentil 2,3 de las series de temperaturas mínimas de los meses de invierno), respectivamente (figura 12).

Figura 12

Diagrama de dispersión de la temperatura máxima y mínima diaria y anomalías de mortalidad para la definición de la temperatura de disparo por calor (ARRIBA) y frío (ABAJO) en Madrid para el periodo 2000-2009

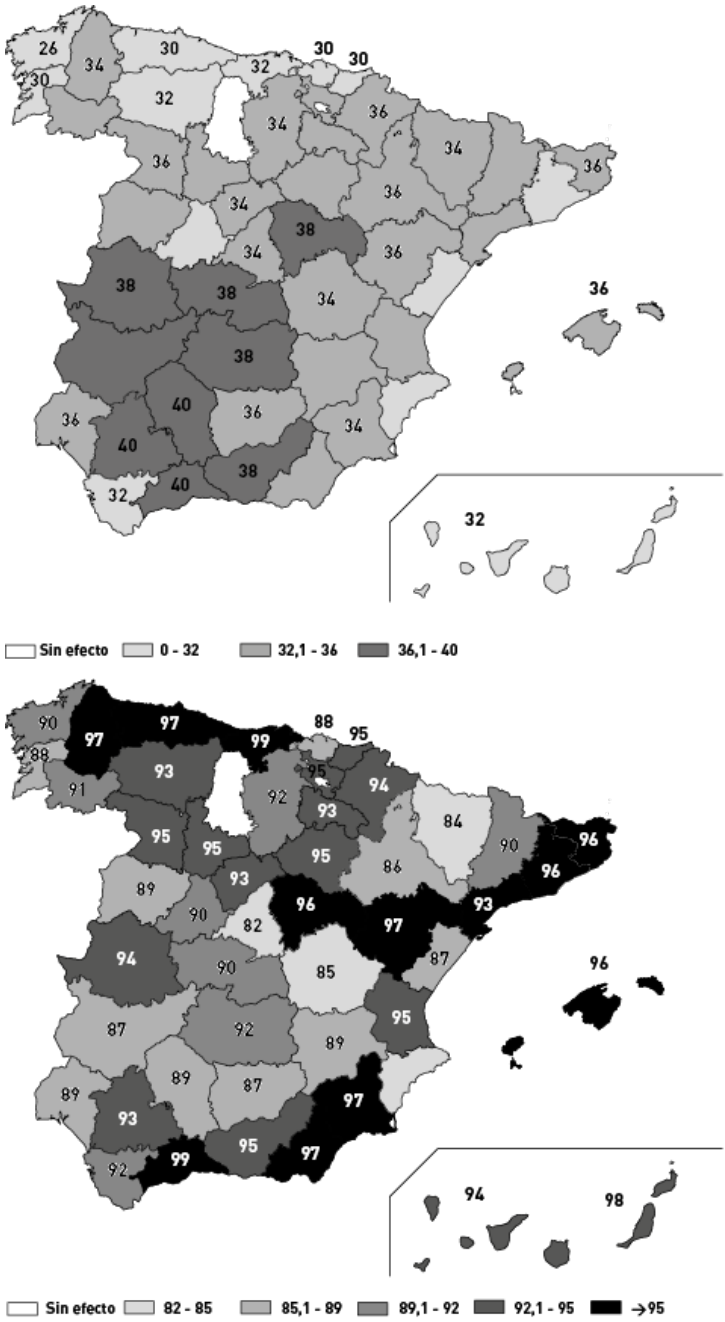




FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ, CARMONA Y LINARES, 2015; CARMONA ET AL., 2016B).

Figura 13

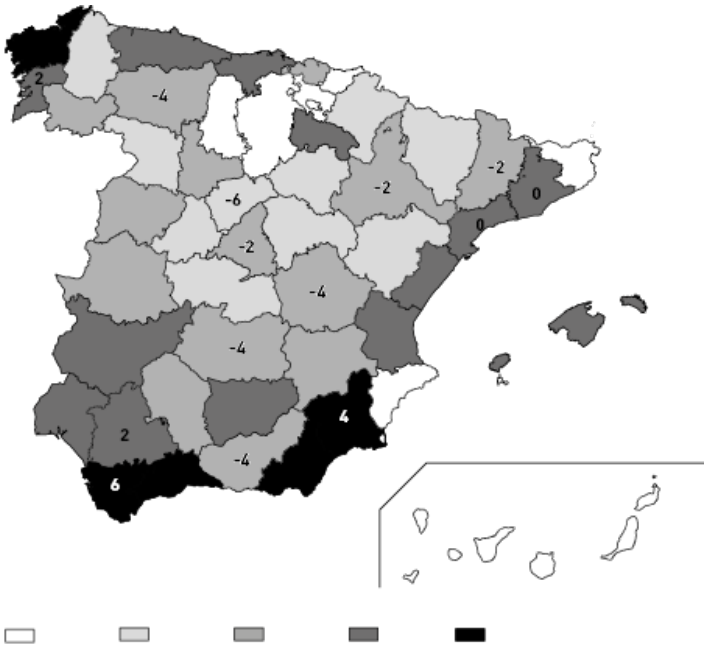
Temperaturas máximas de disparo (ºC) (arriba) y percentiles (abajo) en España para la mortalidad diaria por calor por causas naturales en el periodo 2000-2009

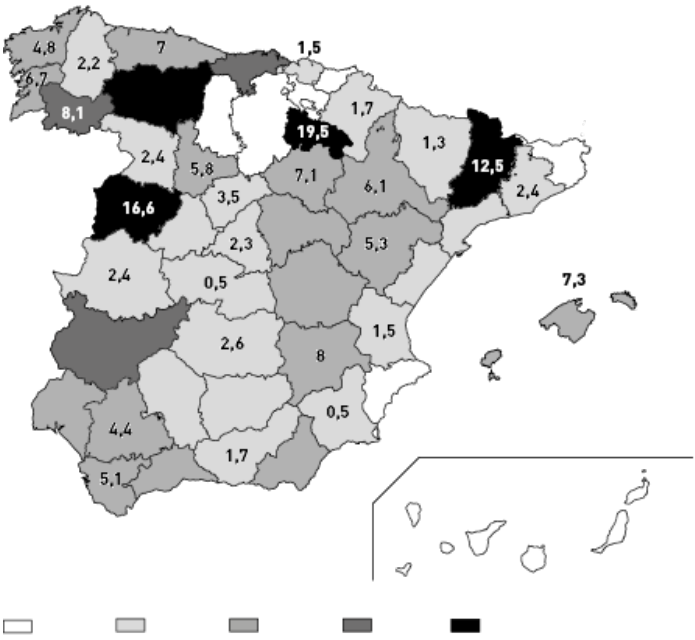


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL., 2015A).

Figura 14

Temperaturas mínimas de disparo (ºC) (arriba) y percentiles (abajo) en España para la mortalidad diaria por frío por causas naturales en el periodo 2000-2009





FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (CARMONA ET AL., 2016A).

Para el resto de España, dichos umbrales y percentiles asociados se muestran en las figuras 13 y 14. Se observa variabilidad entre provincias respecto a las temperaturas umbrales y sus percentiles, al quedar recogidos en estos una diversidad de factores propios de cada región tales como la adaptación al calor/frío, socioeconómicos, estructura de la población, acondicionamiento de los hogares, sanitarios e incluso otros factores que investigaciones recientes relacionan con especial susceptibilidad, como puede ser el número de parados o vivir en zonas marginales.

Así, para el caso del calor, los umbrales de temperatura variaron entre los 26 ºC de A Coruña y los 40 ºC de Córdoba, Sevilla o Málaga; mientras que para el frío, oscilaron entre -10 ºC de Ávila y los 6 ºC de Almería y Cádiz. La falta de estudios de este tipo para el frío hace que dichos umbrales no sean comparables a los de otros periodos anteriores.

¿Cómo se pueden estimar los efectos del calor y el frío?

Considerando los umbrales previamente obtenidos para cada provincia de España, y mediante modelos estadísticos (modelos lineales generalizados, GLM por sus siglas en inglés, generalized linear models), se cuantificó el impacto de la temperatura sobre la mortalidad utilizando el índice de intensidad de ola de calor (IOC) y el índice de intensidad de ola de frío (IOF)* descritos en el capítulo anterior. De forma similar al IOC, el IOF mide el defecto de temperatura, en grados centígrados, respecto al umbral de ola de frío:

IOF = Σ (Tumbral - Tmin) si Tumbral > Tmin

IOF = 0 si Tumbral < Tmin

Además hay que considerar que el efecto del calor o del frío sobre la mortalidad puede producirse el mismo día o días después, por lo que se introdujeron variables que tienen en cuenta este hecho.

El proceso estadístico someramente descrito en páginas previas permite determinar para cada provincia el denominado riesgo relativo (RR)*, que expresa cuánto aumenta el riesgo de morir por altas/bajas temperaturas entre una persona expuesta y otra no expuesta.

Si se quiere tener en cuenta a toda la población expuesta en vez de a individuos, el término estadístico a utilizar es el denominado riesgo atribuible (RA)*, que se obtiene a través de los RR mediante la siguiente expresión: RA = (RR-1/RR) x 100. Este RA representa en qué porcentaje aumentaría la mortalidad por cada grado en que la temperatura máxima diaria supere la temperatura umbral para el caso del calor o por cada grado en que la mínima diaria esté por debajo del umbral para el caso del frío. Tomando como ejemplo el RA de Madrid para el calor/frío, que es de 6,7% para el calor y del 10,5% para el frío, su interpretación sería la siguiente:

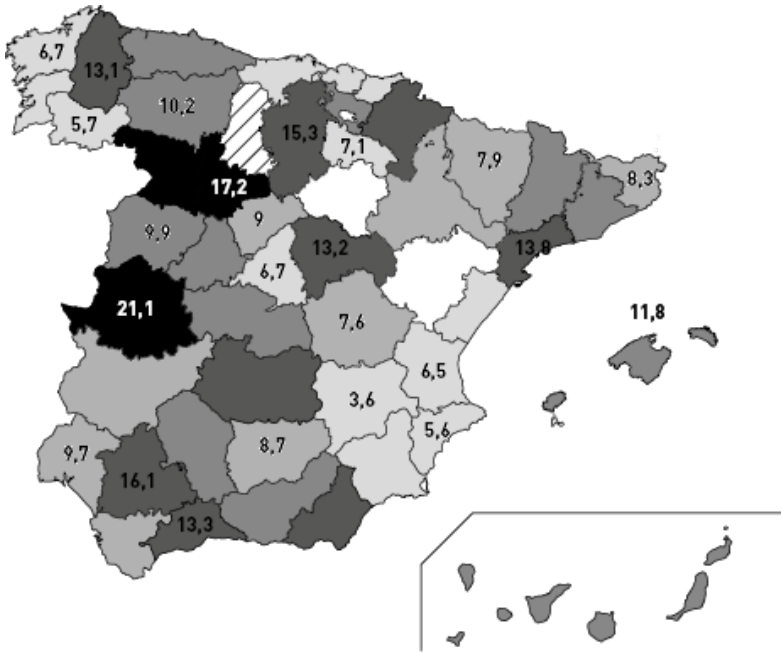
por cada grado centígrado en que la temperatura máxima esté por encima del umbral del calor para Madrid (34 ºC), la mortalidad aumentaría un 6,7%.

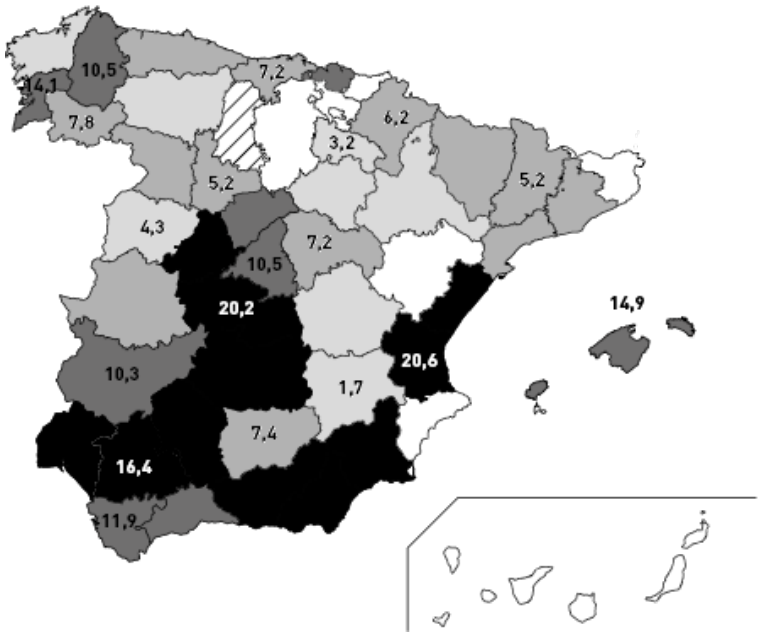
por cada grado centígrado en que la temperatura mínima esté por debajo del umbral del frío para Madrid (-2 ºC), la mortalidad aumentaría un 10,5%.

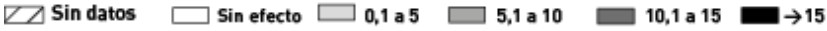
Si esta modelización estadística se realiza para cada provincia, se obtienen los correspondientes RA para el calor y para el frío, como se muestra en la figura 15.

Figura 15

Riesgos atribuibles (%) asociados a la mortalidad por causas naturales por calor (arriba) y frío (abajo) en España en el periodo 2000-2009


6,7
13,1
10,2
5,7
15,3
7,1
7,9
8,3
17,2
9
9,9
13,2
13,8
6,7
21,1
7,6
11,8
6,5
3,6
5,6
8,7
9,7
16,1
13,3


10,5
7,2
14,1
7,8
6,2
3,2
5,2
5,2
4,3
7,2
10,5
20,2
14,9
20,6
10,3
1,7
7,4
16,4
11,9



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL., 2015A; CARMONA ET AL., 2016A).

Para el calor, se observa una variabilidad del RA de entre el 3% para Murcia y el 21,1% para Cáceres, mientras que para el frío, estos valores oscilan entre el 1,6% de Zaragoza y el 28,7% de Castellón. En Teruel, ni el calor ni el frío presentan efecto sobre la mortalidad, mientras que en Soria tampoco lo hace el calor (Díaz et. al, 2015a).

Hasta ahora, se ha hablado de mortalidad diaria por todas las causas menos accidentes, lo que se denomina mortalidad por causas naturales, pero el análisis se puede estructurar por causas específicas de mortalidad. Es decir, se puede conocer, con el mismo proceso de modelización, cuál es el impacto del calor o del frío por causas cardiovasculares y por causas respiratorias.

En las figuras 16 y 17 se representa el impacto del calor/frío para causas de mortalidad circulatoria y respiratoria. En esta ocasión, los resultados se muestran a través de un gráfico denominado forest plot*, resultante de la metodología de metaanálisis* llevada a cabo, mediante el cual se obtienen los riesgos no solo para cada capital de provincia, sino por comunidad autónoma y para toda España.

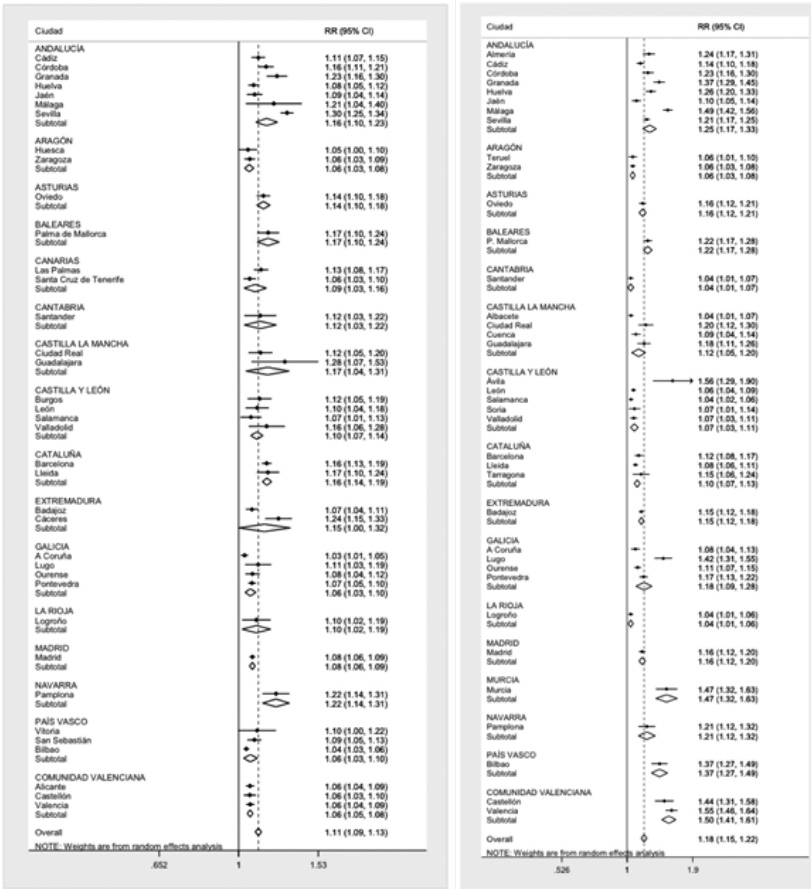
Así, por regla general en las diferentes provincias se observa un mayor efecto del calor y del frío sobre la mortalidad por causas respiratorias que por circulatorias, siendo estas diferencias solo en el caso del calor estadísticamente significativas para el conjunto de España. De forma similar, este mayor impacto del frío sobre la mortalidad por causas respiratorias que circulatorias se ha obtenido en estudios de otros países.

Hubo provincias en las que el calor no presentó efecto sobre la mortalidad para causas circulatorias (Almería, Teruel, Albacete, Cuenca, Toledo, Ávila, Soria, Zamora, Segovia, Gerona, Tarragona) ni respiratorias (Málaga, Teruel, Albacete, Guadalajara, Lugo, Bilbao); y otras no presentaron efecto del frío (circulatorias:

Cáceres, Huesca, Segovia, Toledo y Zamora; respiratorias: Ávila, Jaén, Lugo, Pamplona, Bilbao y Zaragoza).

Figura 16

Riesgos relativos a mortalidad por causas circulatorias para toda España*



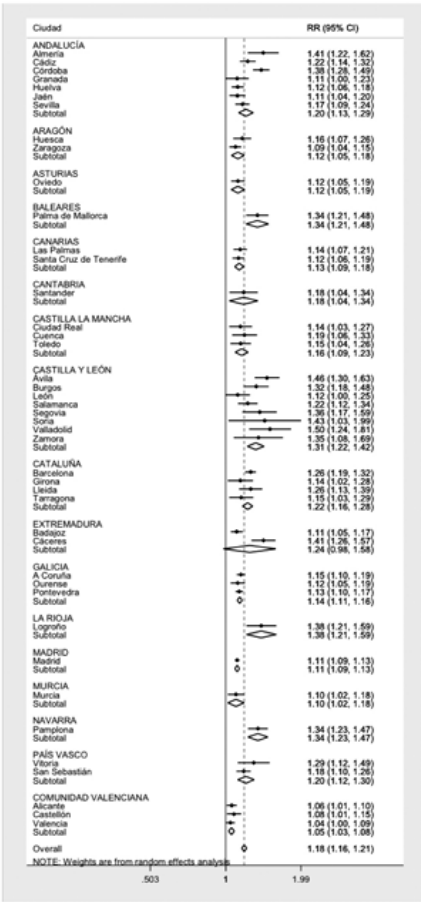
*** RR CON SU INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% ENTRE PARÉNTESIS, ASOCIADOS A INCREMENTOS DE 1 ºC DE LA TEMPERATURA MÁXIMA (IZQUIERDA) Y MÍNIMA (DERECHA)**

DIARIA SOBRE LA TEMPERATURA DE DISPARO ASOCIADA AL CALOR/FRÍO DEBIDO A MORTALIDAD POR CAUSAS CIRCULATORIAS TANTO PARA CAPITALES DE PROVINCIA COMO por comunidades autónomas y para el conjunto de toda España. La línea discontinua representa el RR medio para toda España. La línea continua representa RR = 1.

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL., 2015A; CARMONA ET AL., 2016A).

Figura 17

Riesgos relativos a mortalidad por causas respiratorias para toda España*



*** RR CON SU INTERVALO DE CONFIANZA AL 95% ENTRE PARÉNTESIS, ASOCIADOS A INCREMENTOS DE 1 ºC DE LA TEMPERATURA MÁXIMA (IZQUIERDA) Y MÍNIMA (DERECHA) DIARIA SOBRE LA TEMPERATURA DE DISPARO ASOCIADA AL CALOR/FRÍO DEBIDO A MORTALIDAD POR CAUSAS RESPIRATORIAS TANTO PARA CAPITALES DE PROVINCIA COMO POR COMUNIDADES AUTÓNOMAS Y PARA EL CONJUNTO DE TODA ESPAÑA. LA LÍNEA DISCONTINUA REPRESENTA EL RR MEDIO PARA TODA ESPAÑA. LA LÍNEA CONTINUA REPRESENTA RR = 1.**

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA (DÍAZ ET AL., 2015A; CARMONA ET AL., 2016A).

Globalmente para España, el efecto del frío es ligeramente superior al del calor para la mortalidad por causas naturales (RA calor = 9,9%, IC 95%: 9,1-10,7; RA frío = 11,5%, IC 95%: 9,9-13,8), respiratorias (RA calor = 15,3%, IC 95%: 13,8-17,4; RA frío = 19,4%, IC 95%: 16,7-22,5) y circulatorias (RA calor = 9,9%, IC 95%: 8,3-11,5; RA frío = 15,3, IC 95%: 13,0-18,0), aunque solo para esta última causa con diferencias estadísticamente significativas.

Finalmente, hay que tener en cuenta que los umbrales, percentiles y riesgos asociados no son estáticos, y que deben ir actualizándose al ir variando las temperaturas en un contexto de cambio climático y el impacto de las mismas en la mortalidad, debido a posibles cambios en factores como la estructura de la población, avances médicos y tecnológicos, activación de planes de prevención, aclimatación a las temperaturas extremas, mejora en la infraestructura de las viviendas. En este último aspecto y respecto al calor, estrategias en la construcción de edificios como la creación de áreas verdes y utilización de materiales con mayor capacidad de absorción del calor reducirían las temperaturas entre 1 y 2 ºC. Para el caso del frío, la evidencia es limitada.

Capítulo 4

¿Cómo afectan a la salud las temperaturas extremas? Grupos de población más vulnerables

En el capítulo 2 se han establecido los conceptos de ola de calor y ola de frío y en el capítulo 3 cómo se pueden determinar las temperaturas umbrales a partir de las cuales se manifiestan efectos en salud a través de incrementos de mortalidad tanto por todas las causas naturales de muerte como por las causas más específicas, como es la mortalidad por causas circulatorias o respiratorias. También de forma somera se ha explicado cómo pueden determinarse estos impactos y cómo varían según cada provincia española. Es el momento ahora de abordar el mecanismo biológico por el que las temperaturas extremas que se registran en las olas de calor y de frío pueden provocar directamente la muerte de una persona o hacer que una enfermedad previa se agrave y haga que esa persona fallezca ese mismo día o unos días después.

¿Cómo afectan las temperaturas extremas a nuestra salud?

El hipotálamo es la parte del cerebro que actúa como centro termorregulador, permitiendo al ser humano mantener la temperatura del cuerpo constante e independiente de la temperatura ambiental mediante mecanismos de regulación de producción y pérdida de calor. A medida que la temperatura ambiental se aleja de la que nos produce sensación de bienestar o confort, se activan mecanismos fisiológicos automáticos de termorregulación, como pueden ser la sudoración, para eliminar el exceso de calor, o las contracciones musculares, lo que se denomina coloquialmente “tiritar”, para combatir el frío, pero también otros más complejos y graves que producen situaciones de estrés térmico. Cuando estas situaciones ambientales persisten, se provoca un deterioro generalizado de los procesos fisiológicos, que tiene lugar antes en los individuos más vulnerables (niños menores de 5 años y ancianos) y que puede llegar a desencadenar eventos de tal

magnitud que algunos de ellos son incompatibles con la vida.

Entre los efectos agudos del frío están los cuadros de hipotermia y la congelación de zonas distales como la nariz y los dedos. La exposición a una situación de frío extremo puede provocar un paro cardíaco por choque hipotérmico. Si hablamos de efectos agudos a la exposición al calor, podemos encontrar desde dermatitis, insolación, quemaduras y calambres hasta el agotamiento por calor y el golpe de calor, con un aumento patológico de la temperatura del cuerpo (hipertermia) y fracaso multiorgánico al no poder el hipotálamo adaptarse a estas altas temperaturas ambientales, produciendo la muerte en numerosas ocasiones. Parece ser que la constricción de los vasos sanguíneos provocada por la hipertermia a nivel de la arteria carótida puede ser un factor que produzca el golpe de calor.

Sin embargo, las muertes producidas por estos efectos agudos son una pequeña parte de la mortalidad producida por las temperaturas extremas. Es a los efectos indirectos tanto del frío como del calor, capaces de agravar enfermedades preexistentes, a los que se les atribuye la mayor parte de la mortalidad. Hay estudios que establecen asociaciones entre el frío y la mortalidad por enfermedades del aparato circulatorio. Una de las causas del exceso de mortalidad tras días de temperaturas extremas por frío es de naturaleza infecciosa. Por lo general, los efectos producidos por las bajas temperaturas están más alejados en el tiempo, el frío puede producir incrementos de mortalidad hasta dos o tres semanas después del evento térmico extremo, mientras que los efectos producidos por las altas temperaturas suelen ser a más corto plazo, por regla general no más de cuatro o cinco días después de la ola de calor, y afectan más a los individuos con menor capacidad adaptativa.

El estrés producido por la exposición al calor se ha relacionado con un incremento del recuento plaquetario, de la viscosidad de la sangre y de trombosis coronaria y cerebral. Por otro lado, hay que considerar la predisposición que tiene cada individuo a verse afectado por las temperaturas. Hay otros factores que pueden hacer más susceptibles a unas personas que a otras, como por ejemplo el consumo de algunos medicamentos, el alcoholismo o la obesidad.

Esto hace que los riesgos se distribuyan de forma dispar según situación geográfica y desarrollo económico.

Impactos de las olas de calor y de frío sobre la mortalidad

Hasta ahora, los efectos de las olas de calor y de frío se han cuantificado a través de conceptos estadísticos como el RR o el RA. Es el momento ahora de traducir estos conceptos a incrementos de morbimortalidad. Llegados a este punto, conviene resaltar que el golpe de calor es la única causa de muerte directa por calor, mientras que en muchas ocasiones tanto el calor como el frío agravan patologías ya existentes o favorecen el desarrollo de otras que pueden desencadenar el fallecimiento: en este caso, se hablará de exceso de mortalidad por calor o por frío. Este exceso de mortalidad se obtiene como la diferencia entre la mortalidad real y la mortalidad esperada. Es decir, a la mortalidad real ocurrida se le resta la que debería haber ocurrido si no se hubiera producido la ola de calor o de frío y que se ha determinado previamente mediante técnicas estadísticas basadas en el comportamiento de las series históricas de mortalidad.

Por ejemplo, en el verano de 2003 en España, durante los meses de julio y agosto hubo un exceso de mortalidad de 6.600 personas, es decir, se produjeron 6.600 muertes más de las que cabría haber esperado en un año sin ola de calor, pero de estas, únicamente unas 140 se debieron a golpe de calor como causa directa de la muerte.

Otro de los conceptos que generalmente aparecen ligados a las estimaciones de los impactos del calor y del frío es el de mortalidad atribuible. De forma estricta, el término de mortalidad atribuible se refiere a una mortalidad que se ha estimado a través de un riesgo atribuible calculado previamente. Aunque de forma correcta esta sería la terminología a utilizar, muchas veces se utilizan de forma indistinta los términos de mortalidad atribuible al calor o al frío y exceso de mortalidad por calor o frío.

Una vez aclarados estos conceptos, es el momento de cuantificar el

impacto que los extremos térmicos, especialmente el calor, están teniendo sobre la mortalidad.

Siempre que en Europa se habla de calor se recuerda la famosa ola de calor del año 2003, que dejó cerca de 70.000 muertos en el continente, pero desgraciadamente esta cifra de mortalidad se ha visto sobrepasada prácticamente cada año en la última década. Así, por ejemplo, en la figura 18 se muestra el efecto en la mortalidad atribuible al calor en el año 2015 y su comparación con la mortalidad de toda la década anterior.

Figura 18

Olas de calor y mortalidad atribuible al calor a nivel mundial en el año 2015 y su comparación con la década anterior

Olas de calor	2015	2005-2014
Nº de eventos	11	24
Personas afectadas	1,2 millones	8,7 millones
Muertes atribuibles	7.346	7.232

FUENTE: THE UNITED NATIONS OFFICE FOR DISASTER RISK REDUCTION

El año 2015 fue el año más caluroso en el registro histórico del clima mundial. Se batieron récords de temperaturas tanto a nivel global como a nivel nacional de numerosos países. Provocó un número extremadamente elevado de muertes atribuidas a las olas de calor. Según The United Nations Office for Disaster Risk Reduction, más de un millón de personas se vieron afectadas por las altas temperaturas, con un total de 7.346 muertes atribuidas, de las que el 44% ocurrieron en Francia, el 30% en la India y el 17% en Pakistán. De estas cifras se deduce que no solo los países en desarrollo se vieron afectados, sino que también afectó a países desarrollados y con sistemas de salud de buena calidad.

Por otro lado, la OMM publica anualmente una Declaración sobre el Estado del Clima Mundial con datos provistos por los servicios meteorológicos de instituciones nacionales e internacionales. En el último informe publicado, se confirma que las altas temperaturas continuaron y en el año 2016 se estableció un nuevo récord por encima del año anterior. En resumen, nos enfrentamos a un mundo cada vez más cálido, en el que los procesos de adaptación van a ser claves para minimizar los efectos de los extremos térmicos sobre la salud de las personas.

Debido al calentamiento del que hablamos, las investigaciones se centran más en los impactos por olas de calor, pero ¿qué ocurre con las olas de frío? El aumento de la temperatura media global debido al cambio climático implica que tendremos inviernos más suaves, pero esto no significa que no tengamos en un futuro episodios de frío extremo con sus respectivos impactos en salud. A pesar de ello, hay un menor número de investigaciones relacionadas con las olas de frío; diversos trabajos realizados consideran que la mortalidad atribuida al calor es superior al descenso que cabe esperar de las muertes atribuidas al frío, es decir, que la mortalidad por calor irá en aumento, mientras que las muertes atribuidas por olas de frío sufrirán un leve descenso. Sin embargo, este descenso de mortalidad por frío no compensará el aumento de la mortalidad debida a las olas de calor, como se expondrá en el capítulo 6.

Para visualizar los efectos comparados del frío y del calor y su evolución en los últimos años, tenemos el ejemplo que se muestra

en la figura 19 para el caso del calor y la figura 20 para el caso del frío. Estas figuras hacen referencia a un estudio realizado en la ciudad de Madrid que compara los RA para la mortalidad por causas naturales según diferentes grupos de edad.

Figura 19

Comparativa entre los RA atribuibles al calor en mortalidad por causas naturales en dos periodos analizados en Madrid según grupos de edad

periodo	Grupo de edad				
	< 1 año	1-17 años	18-44 años	45-64 años	65-74 años	> 75 años
1986-1997	Sin efecto	13,1	11,5	18,3	20,1
2001-2009	Sin efecto	Sin efecto	29,4	Sin efecto	11,8	17,1

*GRUPO DE EDAD 1-5 AÑOS EXCLUSIVAMENTE FUENTE: ELABORACIÓN

En la figura 19 se observa que el calor no tiene efecto sobre la mortalidad en los grupos de menores de 18 años; esto no quiere decir que los niños no sean un grupo de especial riesgo para las altas temperaturas, sino que su propia fisiología y el cuidado de los padres hacen que la mortalidad en este grupo de edad no tenga repercusión estadística. Por otro lado, se ve que los grupos de 65-74 años y de mayores de 75 años son los que representan un mayor impacto de la mortalidad, lo que es coherente con la fisiopatología expuesta al principio de este capítulo.

Pero quizás lo más importante está en la comparación entre las dos filas de la tabla que representan los riesgos en diferentes periodos de tiempo; el primero antes de la ola de calor del 2003 y el segundo después, ya implantados los planes de prevención. Como puede verse en los grupos de mayores de 65 años, el efecto del calor ha disminuido. Posiblemente esta disminución del efecto del calor sobre la mortalidad no tenga una causa única y haya múltiples factores socioeconómicos, pero la articulación de los planes de prevención ante altas temperaturas y la denominada cultura de calor*, que hace que nuestros ancianos tengan cuidados especiales en cuanto a su hidratación y protección del sol, tienen bastante que ver.

En el único grupo en el que el efecto del calor ha aumentado es en el grupo de edad de 18-44 años, al que corresponden personas que realizan esfuerzos físicos al aire libre en mayor proporción. Hay que destacar que el alto valor del RA en este grupo no indica una mayor mortalidad atribuible al calor porque apenas hay fallecimientos. El mayor efecto en cuanto a mortalidad atribuible se da, obviamente, en los grupos de mayores de 65 años.

En la figura 20 se repite el mismo análisis descrito para el calor, pero en este caso para el frío.

Figura 20

Comparativa entre los RA atribuibles al frío en mortalidad por

causas naturales en dos periodos analizados en Madrid según grupos de edad

periodo	Grupo de edad					
	< 1 año	1-17 años	18-44 años	45-64 años	65-74 años	> 75 años
1986-1997	17,4	23,1*		7,7	5,1	2,7
2001-2009	28,3	45,8	Sin efecto	13,4	10,6	9

*GRUPO DE EDAD 1-5 AÑOS EXCLUSIVAMENTE FUENTE: ELABORACIÓN

De la figura 20 hay que destacar, en primer lugar, que sí hay efecto del frío en el grupo de menores de 18 años, probablemente por los procesos infecciosos relacionados con la mortalidad por frío. Pero lo más destacable está en la comparación de los dos periodos, observándose que el impacto del frío sobre el grupo de mayores de 65 años no ha bajado, como ocurría con el calor, lo cual sugiere la necesidad de articular planes de prevención ante olas de frío actualmente inexistentes a nivel nacional. Otro estudio reciente realizado en nuestro país para evaluar el efecto de las bajas temperaturas con la mortalidad en el periodo 2000-2009 atribuye 10.460 muertes a las olas de frío, con 3.006 días de ola de frío, y lo compara con las muertes atribuidas al calor en el mismo periodo; 13.119 muertes con 4.373 días con olas de calor. En la siguiente figura se presenta un resumen con el IOC y el IOF en olas de calor y de frío, el número total de olas de calor y de frío y la mortalidad atribuible para cada capital de provincia española en el periodo 2000-2009.

Figura 21

Mortalidad atribuible a las olas de calor y de frío para cada capital de provincia de España en el periodo 2000-2009

Ciudad	Exceso ºC	Días de ola de calor	Mortalidad (IOC)	Exceso ºC	Días de ola de frío	Mortalidad (IOF)
A Coruña	227,5	111	4	76,2	65	4
Albacete	173,5	125	0,4	255,9	118	0,4
Alicante	269,5	186	3	0	0	0
Almería	54,6	39	2	74,2	57	3
Ávila	175,1	122	1	15,5	9	2
Badajoz	252,6	147	3	280,7	160	4
Barcelona	74,3	49	25	34,7	31	11
Bilbao	457,8	141	5	23,9	20	5
Burgos	130	92	2	0	0	0
Cáceres	98	71	3	37,2	36	1
Cádiz	139,7	89	3	95,9	64	5
Castellón	229,9	153	1	33,8	29	5

Ceuta	0	0	0	0	0	0
Ciudad Real	110	88	2	45,1	31	7
Córdoba	173,2	125	3	35,4	25	7
Cuenca	218	171	0,5	195,8	100	0,4
Girona	62,8	41	2	0	0	0
Granada	86,1	70	3	29,3	19	9
Guadalajara	36,5	36	1	143,8	78	1
Huelva	258,2	129	2	100,3	68	4
Huesca	328,7	187	1	26	16	1
Jaén	207,4	144	2	54,5	32	2
Las Palmas	88,3	30	5	0	0	0
León	98	79	2	324,2	174	1
Lleida	159,2	110	2	389,3	170	2
Logroño	100	72	1	633,1	276	1
Lugo	48,8	29	3	33,7	26	3
Madrid	321,1	211	11	42,8	30	19
Málaga	8,3	8	4	60,4	50	11
Melilla	0	0	0	0	0	0
Murcia	63,8	36	1	8,4	4	17
Ourense	180,7	104	1	184,5	112	2
Oviedo	77,9	40	8	110,5	92	4
Palencia	0	0	0	0	0	0
Pamplona	88,8	65	3	32,6	24	1
Palma de Mallorca	62,7	45	4	114,6	95	4
Pontevedra	355,3	142	4	118,6	85	5
Salamanca	164,5	125	1	488,7	231	1
Santander	30,8	18	2	266,7	143	2
S. C. de Tenerife	92,1	66	3	0	0	0
Segovia	103,9	85	0,5	81,2	44	1
Sevilla	98,4	74	8	72	62	10
Soria	50,6	53	0	216,2	93	0,3
San Sebastián	148,2	57	3	0	0	0
Tarragona	93,1	75	3	47,3	44	1
Teruel	28	36	0	185,2	71	0
Toledo	135,1	113	2	10,6	7	5
Valencia	118,8	52	9	19	19	15
Valladolid	57	57	2	146,9	76	1
Vitoria	83,5	54	1	0	0	0
Zamora	44,8	53	1	46,8	31	1
Zaragoza	274,8	168	3	180,2	89	1

España	134,2	4.373	3	103,3	3.006	3,48

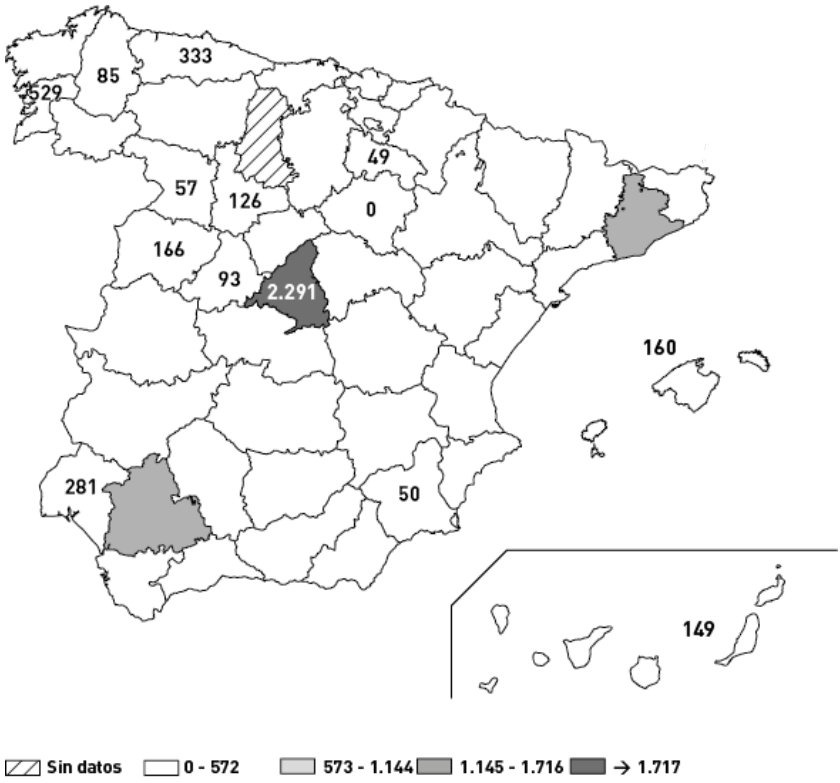
FUENTE: CARMONA ET AL. 2016A

De estos resultados se extrae que por cada día con ola de frío la mortalidad media en España aumenta en 3,5 personas, mientras que por cada día de ola de calor, la mortalidad media aumenta en 3 personas. Por tanto, según los datos de este estudio, la mortalidad diaria atribuida a las temperaturas extremas por frío en nuestro país es superior a la mortalidad atribuible por olas de calor. Paradójicamente no existen en España planes de prevención ante las olas de frío como los hay para las olas de calor, y a la vista de los resultados, la prevención e intervención ante las olas de frío deben ser consideradas por las autoridades sanitarias un asunto prioritario, dado que probablemente esto repercutiría en una disminución de la mortalidad asociada al frío al igual que ha ocurrido en el caso del calor.

En las figuras 22 y 23 se presenta, para cada provincia de España, la cuantificación en términos de mortalidad atribuible al calor y frío en el periodo 2000-2009.

Figura 22

Muertes atribuibles a las olas de calor para cada capital de provincia de España en el periodo 2000-2009



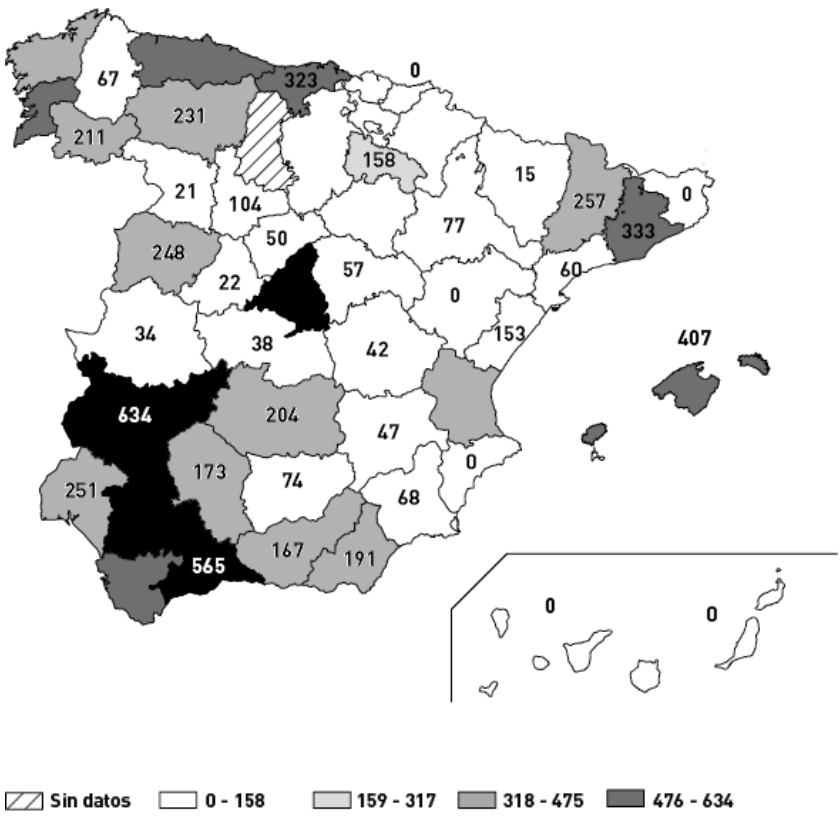
FUENTE: CARMONA ET AL., 2016A

En la figura 22 relativa al número de muertes atribuibles por ola de calor, observamos como Madrid y Barcelona son las provincias en las que se produce el mayor número de muertes, debido a que son ciudades con mayor número de habitantes. En la figura 23 vemos el número de muertes atribuibles a las olas de frío: llama la atención que la mayor mortalidad corresponde a ciudades con un clima templado, como Málaga o Sevilla. Si nos fijamos en la tabla anterior el número de olas de frío en estas provincias no es muy elevado; sin embargo, los riesgos atribuibles que presentan estas ciudades sí lo son (25,7% y 16,4% respectivamente), de ahí que su mortalidad atribuible también lo sea. Este mismo hecho ocurre en otros lugares de Europa también y parece ser que está relacionado con el acondicionamiento de las viviendas, es decir, en lugares cálidos las

viviendas en general están preparadas con sistemas de refrigeración, pero no suele ser habitual que incluyan sistemas de calefacción.

Figura 23

Muertes atribuibles a las olas de frío para cada capital de provincia de España en el periodo 2000-2009



FUENTE: CARMONA, ET AL., 2016A

Si estas cifras de mortalidad atribuibles al calor y al frío se cuantificaran económicamente, se podría hablar de un beneficio

económico al activar los planes respectivos al calor y al frío. Así, si se activaran planes de prevención ante olas de frío y suponiendo una efectividad del mismo del 68%, dicho beneficio sería de 0,29 millones de euros, teniendo en cuenta el coste atribuido a un fallecimiento, por día de ola de frío, mientras que cada día que se activara el plan de prevención ante olas de calor se ahorrarían 0,25 millones. Trasladando estos resultados al periodo completo 2000-2009, el coste económico de la mortalidad atribuible al frío sería de 871,7 millones de euros, mientras que el del calor sería de 1.093,2.

Grupos de edad más vulnerables a los extremos térmicos

Todos los seres humanos estamos expuestos a los impactos que pueden provocar sobre nuestra salud las temperaturas extremas. En condiciones normales, un individuo sano tolera una variación de su temperatura interna de unos 3 ºC aproximadamente sin alterar de forma considerable sus condiciones físicas y mentales. Sin embargo, la falta de capacidad de respuesta y adaptación ante determinadas situaciones incide de forma más directa en ciertos grupos de población, lo que hace que tengan una predisposición a verse afectados negativamente. Por ello, el impacto tras una exposición a temperaturas extremas estará condicionado por el estado fisiológico del individuo. Son muchos los estudios que indican que las personas mayores y los niños muy pequeños son los grupos más sensibles a estos cambios de temperatura, pero también existen otros grupos de riesgo, como los enfermos crónicos, las mujeres embarazadas y personas con alguna patología neurodegenerativa que los hacen especialmente vulnerables a la exposición de estos factores ambientales.

La población infantil está considerada como un grupo de riesgo debido a que sus sistemas orgánicos no están completamente desarrollados, desde la etapa fetal atraviesan distintas fases de maduración tanto anatómica como fisiológica y sus sistemas de inmunovigilancia y detoxificación aún no están maduros y no lo

estarán hasta la edad adulta. Por otro lado, suelen pasar más tiempo de exposición en un ambiente exterior y tienen menor capacidad para el autocuidado, por lo que deben ser supervisados por adultos para tomar distintas medidas preventivas, como reposición de líquidos y protección adecuada ante la exposición directa al sol, y de este modo prevenir los posibles efectos a las temperaturas extremas. Los niños con enfermedades crónicas, los lactantes y los menores de 4 años requieren una mayor atención en épocas de temperaturas extremas.

En cuanto a estudios que relacionen el impacto de los extremos térmicos sobre la morbilidad en población infantil, aun siendo escasos, se ha observado un incremento en los ingresos hospitalarios por asma tanto en olas de frío como de calor en Australia, siendo más vulnerables los niños de edades comprendidas entre 0-4 años a los efectos del calor y los de 10-14 años a los efectos del frío. En España, se ha observado un aumento del riesgo de ingreso urgente por causas respiratorias, bronquitis y neumonía en menores de 10 años asociados a episodios de olas de frío.

Respecto a los mayores de 65 años, este es el grupo más vulnerable ante las olas tanto de calor como de frío. El paso de la edad adulta a la “tercera edad” lleva consigo unas características además de las propias del individuo que hacen a este grupo especialmente sensible cuando hablamos de su exposición a las temperaturas extremas. Una de las causas biológicas relacionadas con el hecho de que las temperaturas extremas por calor tengan asociación tanto con la morbilidad como con la mortalidad es que las personas mayores tienen una menor capacidad termorreguladora y un umbral del sudor más elevado que los jóvenes.

Como se ha visto en el capítulo anterior, las temperaturas extremas tienen un elevado impacto en la mortalidad de este grupo poblacional. Respecto a la morbilidad, un estudio realizado en Madrid en el periodo 1995-2000 obtuvo que por cada aumento de 1 ºC sobre el umbral de temperatura máxima diaria de 36 ºC se incrementaban un 17,9% los ingresos hospitalarios por causas naturales y un 27,5% por causas respiratorias en población mayor de 75 años. Otro estudio llevado a cabo en Estados Unidos asociaba el calor extremo con un incremento del 15% en los ingresos

hospitalarios por causas renales en población mayor de 65 años y del 4% por causas respiratorias.

Otro grupo de especial interés son las mujeres embarazadas: recientes investigaciones están relacionando diversas variables adversas al nacimiento como prematuridad, bajo peso al nacer y mortalidad fetal con exposiciones a extremos térmicos durante el periodo gestacional. Concretamente, en la ciudad de Madrid, mediante un análisis de series temporales se ha visto que estos efectos pueden producirse de manera inmediata, es decir, en los días siguientes a la exposición y también durante distintas ventanas gestacionales. En el análisis a nivel diario se relacionó la exposición a temperaturas extremas por calor con un aumento de partos prematuros al día siguiente de la exposición, siendo el riesgo de prematuridad de un 5,2%. En referencia a los efectos producidos durante todo el embarazo, también se relacionó la exposición a olas de calor durante el segundo trimestre del embarazo con bajo peso al nacer y mortalidad fetal, mientras que la exposición al frío se relacionó en el tercer trimestre gestacional también con la mortalidad fetal. Un estudios reciente a nivel internacional concluye que las exposiciones a episodios de calor de las mujeres embarazadas durante las últimas semanas de gestación (semanas 36-38) incrementaban el riesgo de parto prematuro en un 6%-21%.

Por último, numerosas investigaciones ponen de manifiesto la influencia de temperaturas extremas en el desequilibrio de algunas patologías no transmisibles, como ciertas enfermedades neurodegenerativas. El uso de determinados medicamentos que actúan sobre el sistema nervioso para controlar los síntomas parece estar relacionado con un incremento de la mortalidad de este tipo de pacientes en olas de calor. En Madrid se han realizado investigaciones con el objeto de determinar si las olas de calor son capaces de exacerbar los síntomas de los enfermos de párkinson, demencia o alzhéimer hasta tal punto de requerir un ingreso hospitalario e incluso provocar la muerte. Los resultados muestran en el caso del párkinson que por cada grado centígrado que se supera la temperatura de 34 ºC se incrementa el riesgo de ingresar de carácter urgente por esta causa en un 11,5% entre uno y tres días después de la ola de calor, y el riesgo de mortalidad por esta misma enfermedad aumenta un 12% tres días después de la ola de

calor. En el caso de la demencia, los ingresos aumentan un 16% solamente un día después de la exposición. Por último, para el caso del alzhéimer se han encontrado asociaciones del calor con los ingresos hospitalarios tres días después de la exposición. Estos resultados avalan la necesidad de considerar a estas poblaciones como grupos de riesgo ante los extremos térmicos, especialmente ante las olas de calor.

Para finalizar, es importante resaltar la importancia y necesidad tanto de medidas preventivas ante las temperaturas extremas como de medidas de adaptación y mitigación, con el propósito de contrarrestar los efectos producidos por el cambio climático, ya que las consecuencias en salud, como hemos visto a lo largo de estas líneas, son de tal magnitud y severidad que exige la participación activa de las autoridades sanitarias mediante planes de prevención.

Capítulo 5

Planes de prevención frente a temperaturas extremas. ¿Podemos adaptarnos?

¿En qué consiste un plan de prevención frente a las temperaturas extremas?

En salud pública, la forma de actuar frente a los problemas emergentes derivados del cambio climático es a través de planes de prevención. En el caso que nos ocupa, las temperaturas extremas, las instituciones de salud deben poner en marcha planes de prevención eficaces que aseguren que las personas y los sistemas de salud de los que dependen son capaces de responder a los impactos de las temperaturas extremas.

Como se viene explicando, las olas de calor y frío a causa del cambio climático son cada vez más frecuentes e intensas y son una amenaza con riesgos directos para la salud de las personas e indirectos a hospitales, centros de salud y otras infraestructuras sanitarias. Por lo que hemos visto a lo largo de los capítulos anteriores, no fue hasta la ola de calor de 2003 cuando las autoridades sanitarias europeas comenzaron a implantar de forma masiva medidas frente a los efectos del calor extremo. Los excesos de mortalidad que se registraron en Europa en ese verano han marcado, por tanto, un antes y un después en la adecuación y puesta en marcha de planes de prevención en nuestro continente, que hasta la citada fecha estaban muy alejados de los implantados en las ciudades de América del Norte, pudiendo decir que ese verano únicamente las ciudades de Lisboa y Roma tenían establecido un verdadero sistema de alerta en el caso de las olas de calor. Solo un año después, en el verano de 2004, Francia, Portugal, Italia, Suiza, Inglaterra, Gales y España habían elaborado algún plan de prevención y alerta ante temperaturas cálidas extremas.

Fuera de Europa existen bastantes lugares donde los planes de prevención frente a las olas de calor llevan implantados más de una década, y sobre alguno de ellos se han realizado evaluaciones sobre

su efectividad o eficiencia. Por ejemplo, en Philadelphia se desarrolló en 1995 uno de los primeros planes específicos frente a temperaturas extremas. Los autores de su evaluación consideran que "el coste económico se considera prácticamente ruido comparado con el beneficio de haber salvado 117 vidas en 3 años" en los 45 días que se activó entre los años 1995 y 1998.

En Milwaukee se compararon las olas de calor de 1995 y 1999, que sucedieron antes y después de ponerse en marcha el plan de prevención respectivamente, y se calculó que la reducción en el número de muertes fue del 17% y del 51% en el servicio de emergencias médicas. También en Shanghái se observó un descenso en el número de muertes entre las olas de calor de 1998 y 2003 que fueron justificadas por las acciones desarrolladas tras la implantación del sistema de prevención.

Más recientemente se ha llevado a cabo una evaluación de las medidas preventivas adoptadas en Francia tras el verano de 2003. En ella, los resultados fueron igualmente espectaculares. Analizando la ola de calor sucedida en 2006, se estima que existió un incremento de 2.065 muertes en el periodo entre el 11 y el 28 de julio, lo que supone un 9% de exceso frente a la mortalidad basal. Las muertes esperadas, si se hubieran mantenido las mismas condiciones que en 2003, eran 6.452, que en porcentaje de sobremortalidad significaba un 27%. Esto supone una disminución en el número total de muertos de 4.388. El mayor impacto se produjo en mayores de 75 años, donde la reducción fue de 5.080 muertes en exceso esperadas (incremento del 34%) a 1.254 (incremento del 8%). Y en el grupo de edad de 55 a 74 años, la reducción fue también importante: de una sobremortalidad de 1.141 esperadas a 399 observadas. Otro hecho destacable es que, aunque la mayor mortalidad se siguió registrando en las mujeres, la reducción en la mortalidad de estas frente a la esperada fue casi el doble que en hombres.

Por tanto, parece evidente que un buen sistema de prevención frente a las temperaturas elevadas ayuda a reducir el impacto de estas sobre la salud, si bien se debe tener en cuenta que los últimos cuatro planes mencionados y la mayoría de los descritos para las ciudades de Estados Unidos tienen grandes diferencias en cuanto a

la forma de determinar el umbral, los periodos en los que se mantiene la alerta y el grado de concreción de las actividades a desarrollar con respecto al implantado en España[1].

Aunque con algunas variaciones locales, todos los planes de prevención frente a exceso de temperaturas principalmente (los planes de prevención frente a olas de frío no están igual de desarrollados y son más infrecuentes a nivel mundial) se basan en un esquema similar:

El plan está vigente en un periodo de tiempo establecido (generalmente entre mayo y septiembre).

El territorio se divide en zonas de actuación y para cada una se establece una temperatura umbral. En el caso de España, esta unidad geográfica es la provincia.

Existe una coordinación entre el sistema sanitario y el organismo meteorológico correspondiente, encargado de activar la alerta cuando sus predicciones prevén que se va a superar la temperatura umbral. En el caso de España, la AEMET.

Se establecen diferentes niveles de alerta en función de la gravedad prevista de la ola de calor.

El nivel y por tanto las actuaciones que se llevan a cabo por el sistema nacional de salud aumentan con la duración de la ola de calor (número de días que se rebasa el nivel).

Plan de prevención frente a temperaturas extremas en España

El denominado PNAP, desarrollado y gestionado por el MSSI, tiene como principal objetivo prevenir y reducir los efectos negativos del calor excesivo sobre la salud de los ciudadanos, especialmente entre los colectivos más vulnerables (ancianos, enfermos crónicos, personas socialmente desfavorecidas, etc.). El plan, en vigor desde el año 2004, permanece activado desde el 1 de junio hasta el 15 de septiembre con seguimiento en los quince días previos y el mes posterior a este periodo, para, en el caso de que se produzcan temperaturas anormalmente altas, poder adelantarlo o mantenerlo. Su activación conlleva a nivel nacional informar sobre la presencia de riesgos para la salud por exceso de temperatura, cuantificar la intensidad del exceso y emitir recomendaciones preventivas a la población. Dicho plan ha incorporado mejoras a lo largo de su funcionamiento, en el verano de 2015 se amplió su duración (del 15 de mayo al 15 de octubre) y, muy importante desde el punto de vista de la salud, se actualizaron las temperaturas umbrales máximas y mínimas de las capitales de provincia con base en los estudios epidemiológicos de investigación publicados y comentados en los anteriores capítulos.

Figura 24

Niveles de riesgo según días de superación de temperaturas umbrales

Nivel de riesgo	Denominación	Nº de días en índices	Índices temperaturas máxima y mí	Color
0	Ausencia de riesgo	0	0	Verde
1	Bajo riesgo	1 o 2	1 y 2	Amarillo
2	Riesgo medio	3 o 4	3 y 4	Naranja
3	Alto riesgo	5	5	Rojo

FUENTE: PLAN NACIONAL DE ACTUACIONES PREVENTIVAS DE LOS EFE

En función de las temperaturas umbrales máximas y mínimas establecidas para el observatorio meteorológico de referencia de cada capital provincia, de la predicción de estas temperaturas esperadas en el día y a 5 días y de la persistencia de dicha superación se establecen 4 niveles de riesgo por exceso de temperatura (entre ellos, se considera la ausencia de riesgo que se categoriza como nivel de riesgo 0).

El criterio de asignación de los umbrales de referencia de las temperaturas máximas y mínimas antes se basaba mayoritariamente en superar el percentil 95 de las series históricas durante el verano; actualmente se basa en la superación simultánea de las temperaturas umbrales máximas y mínimas establecidas como temperaturas de disparo de la mortalidad para cada una de las 52 capitales de provincia españolas, como se ha explicado en el capítulo 3.

Cada uno de los niveles de riesgo conlleva por parte de las autoridades un conjunto de acciones preventivas que de manera resumida comprenden:

De carácter general o asociadas a los niveles 0 y 1: Comunicar a las autoridades sanitarias de las comunidades autónomas la puesta en marcha del plan, así como la solicitud de información relativa a urgencias, ingresos y fallecimientos atribuidos a golpe de calor o efectos de temperaturas excesivas. Puesta en marcha de los programas de actuación por parte de los servicios sociales. Información a la población de la existencia del plan y sobre medidas generales de protección y prevención individuales y en el entorno inmediato. Información a la población sobre grupos más vulnerables y sobre el significado de los niveles de riesgo. Actualización y mantenimiento de la información

generada y coordinación con las autoridades sanitarias de las comunidades autónomas.

Asociadas al nivel 2: Además del mantenimiento de las medidas previstas para los niveles anteriores, se añade la intensificación de la coordinación con las comunidades autónomas para la información a los profesionales sanitarios y de servicios sociales y también sobre las personas y grupos más vulnerables a la exposición de calor excesivo, valorándose la adopción de medidas adicionales dirigidas a colectivos específicos.

Asociadas al nivel 3: Refuerzo de las medidas aplicadas en el nivel 2. Intensificación de la información sobre el significado del nivel y emisión de consejos y recomendaciones sanitarias a la población de riesgo. Valoración por el Centro de Coordinación de Alertas y Emergencias Sanitarias del estado de la situación.

Hay que señalar que dicho plan refleja el marco de actuación en el nivel nacional y ha venido sirviendo de base a las comunidades autónomas para, en su caso, ajustar y adecuarlo a criterios más específicos de su territorio, como variables meteorológicas (humedad relativa, etc.), zonificación climática y/o geográfica (comarcas).

Respecto a las temperaturas extremadamente bajas, las olas de frío son un fenómeno mucho menos analizado, quizá porque los efectos de frío son mucho más difusos en el tiempo que los del calor, confundiéndose su efecto con muchas enfermedades asociadas al periodo invernal como neumonías, gripe, etc. Sin embargo, el trabajo publicado por Gasparrini en 2015 establece que, a nivel global, el efecto de las bajas temperaturas es 20 veces superior al del calor y ya se ha descrito en el capítulo 4 que los grupos de edad

afectados no tienen que ser los mismos que para las altas temperaturas, sino que, principalmente los grupos de riesgo para el frío se amplían a los grupos de menor edad. Aunque a la luz de todo lo expuesto anteriormente es evidente que es necesario implantar programas de prevención específicos contra el frío, más allá de establecer medidas puntuales para algunos días y algunos grupos de población aislados, en la actualidad no existe en España ningún plan de acción para la prevención de los efectos en salud de las olas de frío, aunque en algunas comunidades autónomas, como la Valenciana, sí han visto ya la necesidad de planificar actividades concretas para anticiparse a los efectos del frío.

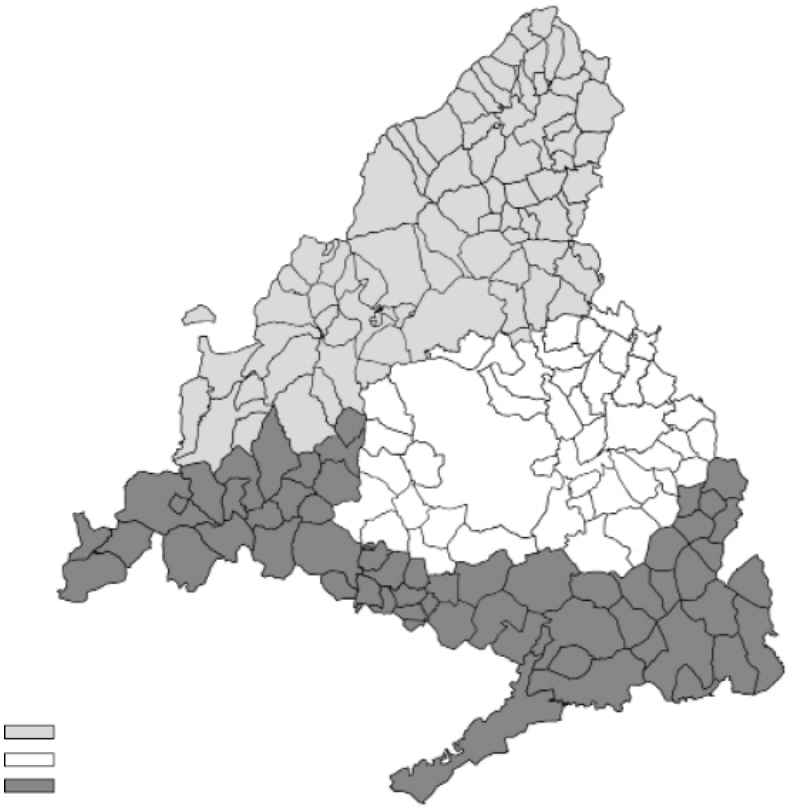
Evolución de los planes de prevención frente a temperaturas extremas. ¿Sirven para la adaptación?

Lo primero que se debe asegurar en un plan de prevención frente a las temperaturas extremas es que la exposición a la temperatura de la población objetivo sea la que se considera en el propio plan. En el caso de España, inicialmente se consideró que una de las estaciones de la AEMET es suficiente para representar temperaturas medias a las que se verá sometida la población de toda una provincia. Pero características locales como la orografía (cadenas montañosas, proximidad a grandes masas de agua, etc.) o el efecto de isla térmica de algunas grandes ciudades podría cambiar mucho las condiciones meteorológicas a las que se ven sometidos los habitantes de las distintas localidades. Como región piloto para realizar este tipo de implementación en los planes se ha elegido la Comunidad de Madrid. En esta se distinguen, según la AEMET, tres zonas homogéneas climatológicamente (figura 25): “Sierra de Madrid” o zona norte, “Metropolitana y Henares” o zona centro y “Sur, Vegas y Oeste” o zona sur.

Figura 25

Regiones climáticamente homogéneas de la Comunidad de

Madrid: Sierra de Madrid, Metropolitana y Henares, Sur, Vegas y Oeste



FUENTE: AEMET.

Para calcular la temperatura umbral de disparo de las olas de calor se utilizó la mortalidad diaria por causas naturales (CIE X: A00-R99) en el periodo 2000-2009 en los municipios de más de 10.000 habitantes. Este número de muertos se agrupa según cada una de las zonas; la variable independiente la constituye la temperatura máxima diaria (ºC) en cada observatorio meteorológico representativo de cada zona según AEMET: Navacerrada para la zona norte; Retiro para la zona centro y Aranjuez para la sur. Se

utilizaron diagramas de dispersión temperatura-mortalidad para la determinación de las temperaturas umbrales de activación del plan en cada zona, con la misma metodología hasta ahora descrita. Las temperaturas umbrales determinadas para cada región son: zona norte, temperatura máxima diaria de 26 ºC; zona centro, 36 ºC; zona sur, 38 ºC, que corresponden, respectivamente, a los percentiles 87, 95 y 92 de las series de temperaturas máximas de los meses de verano del periodo y observatorio considerado. En la siguiente tabla se muestran los principales resultados obtenidos del estudio. La utilización de los umbrales para estas tres regiones isoclimáticas en vez de considerar un solo umbral para toda la Comunidad de Madrid en su conjunto se traduce en una posible disminución de la mortalidad en 73 personas (38-108) en la primera región, y en suprimir la activación innecesaria del plan en 153 ocasiones en la zona metropolitana y en 417 en la sur, con los consiguientes beneficios económicos y sociales.

Figura 26

Temperatura umbral de disparo de la mortalidad diaria y percentil al que corresponde

REGIÓN ISOCLIMÁTICA	UMBRAL (percentil)	LAGS (meses)	RR (%) (IC 95%)	RA (%) (IC 95%)
Sierra de Madrid	26 ºC (p = 87)	0 y 4	1,09 (1,04-1,15)	8,8 (4,5-12,9)
Metropolitana y Henares	36 ºC (p = 95)	0,2 y 3	1,16 (1,13-1,19)	19,6 (11,3-15,9)
Sur, Vegas y Oeste	38 ºC (p = 92)	3	1,17 (1,08-1,28)	14,9 (7,2-21,9)

* TAMBIÉN SE INDICAN LOS RR Y LOS RA PARA INCREMENTOS DE 1 ºC

Además de la implementación de este aspecto isoclimático de carácter geográfico que permite ser más eficientes a la hora de establecer las alertas por ola de calor en los planes de prevención, se deben considerar otros factores de riesgo sociodemográficos de gran importancia a la hora de ajustar más adecuadamente los niveles de riesgo de la población expuesta a las temperaturas extremas. Por ejemplo, variables que definen las condiciones de habitabilidad de las viviendas. No existen estudios específicos que hayan cuantificado la influencia de las condiciones de temperatura interior de la vivienda y la mortalidad adicional durante el periodo estival, aunque sí existe una creciente preocupación por evaluarla, especialmente en las ciudades. Es en ellas donde se estima que las olas de calor, potenciadas por el efecto de isla de calor, producen mayor estrés térmico y un mayor número de muertes. En los pocos estudios disponibles relativos al hogar de residencia de la población mayor (65 años y más) y fallecida por cualquier causa (excepto accidentes, suicidio y complicaciones quirúrgicas) en París, durante la ola de calor de 2003, se identificaron como factores de riesgo significativos de mortalidad durante olas de calor aspectos tales como vivir en edificios construidos antes del año 1975, vivir en la última planta del edificio, la disposición del dormitorio bajo el tejado, además de tener mal o muy mal aislamiento térmico, aunque no se encontraron asociaciones estadísticamente significativas con factores como la existencia o no de aire acondicionado en las viviendas.

Además, los fenómenos climáticos en la escala urbana implican importantes aumentos en la demanda y consumos energéticos ya no solo por las condiciones de la vivienda, sino especialmente por las características físicas del propio tejido urbano. Estudios recientes apuntan a que aumentando de forma estructurada la presencia de la vegetación e incrementando el coeficiente de reflexión de las superficies horizontales podría reducirse la mortalidad urbana asociada al calor en más de un 40%.

Por lo tanto la ausencia de confort térmico en el interior de las viviendas se produce mayoritariamente en las más antiguas, más ineficientes y en las que no es posible mantener las condiciones

higrotérmicas adecuadas si no es mediante un aporte constante de energía con un importante coste económico y ambiental. Si las circunstancias económicas de las familias limitan o impiden efectuar este gasto, como es el caso de los hogares en situación de pobreza energética, estas personas están continuamente expuestas a un ambiente inadecuado, tanto en su hogar como en el exterior, lo que deriva en un empeoramiento de su salud y constituyen un grupo especialmente susceptible a los efectos de las temperaturas extremas.

Por tanto, la optimización de los planes de prevención frente a temperaturas extremas debe ser activa y continua, es necesario evaluar los diferentes aspectos considerados, no solo el de disminución de la mortalidad, como se ha descrito en el capítulo 4, sino que es preciso investigar cómo afectan las temperaturas extremas a otros indicadores sanitarios como los ingresos hospitalarios o los servicios de atención primaria y urgencias ambulatorias. Se debe conocer dónde y cuándo es preciso reforzar estos servicios. Asimismo, es precisa la realización de campañas de información dirigidas a los grupos de riesgo identificados para que sean conscientes de la importancia del seguimiento de las posibles recomendaciones que se les suministren. La eficiencia de un plan sobre extremos térmicos va a depender en gran medida de la existencia de un protocolo de actuaciones bien definidas en salud pública, en los servicios sociales, en la actividad asistencial y en una adecuada coordinación entre ellas.

Capítulo 6

Proyecciones de temperatura en el horizonte del año 2100. ¿Aumentará la mortalidad asociada al calor y al frío?

Temperaturas esperadas al final de siglo XXI

Como se ha citado en el capítulo 1, el IPCC estima que la temperatura superficial media aumentará en torno a 1 ºC para el escenario más bajo de emisiones de GEI (RCP 2,6) y hasta 3,7 ºC en el más alto (RCP 8,5). Estos valores que en principio parecen poco importantes, se refieren a valores medios en todo el planeta, es decir, incluyendo estaciones de medida en la tierra y en el océano. Es conocido que el calor específico del agua, que tiene en cuenta la cantidad de calor que hace falta para elevar la temperatura de un gramo de agua 1 ºC, es más elevado que el de la tierra. Es decir, el mar necesita más calor para subir su temperatura que la tierra, por eso los incrementos esperados en las temperaturas van a ser superiores en la tierra que en el mar. En un escenario de alta contaminación el incremento medio esperado en la temperatura de la tierra está en torno a 4,8 ºC Determinados factores geográficos hacen que haya lugares en los que estos incrementos sean más elevados. En concreto para el caso de la Península Ibérica se prevé un incremento térmico uniforme a lo largo del siglo XXI, con una tendencia media de aumento de 0,4 ºC por década en invierno y de 0,6-0,7 ºC por década en verano para el escenario menos favorable, con lo que estaríamos hablando de incrementos en las temperaturas medias de verano de cerca de 6-7 ºC en el caso de España al final del siglo XXI, evidentemente este impacto sería más acusado en el interior que en la costa.

Este efecto se varía modificado por el efecto de isla térmica que, en algunos casos, hace que la temperatura en las ciudades sea de hasta 7,8 ºC más que en la periferia y es precisamente en las ciudades donde vive el 54% de la población del mundo.

Según un informe de julio de 2017 del organismo Climate Central, en colaboración con la OMM, Madrid ocuparía el 4º lugar de las

diez ciudades del mundo que van a sufrir un calentamiento más rápido. Así, en un escenario con un ritmo de emisiones elevado, similar al actual, la temperatura media de los meses de verano pasaría de los 28,9 ºC actuales a 36,4 ºC, es decir 7,5 ºC más en media. Esta temperatura es similar a la que tiene en la actualidad la ciudad de Las Vegas en Estados Unidos. Si estuviésemos en un escenario de emisiones de GEI moderado, la temperatura media de los veranos de Madrid sería de 32,7 ºC, temperatura similar a la de la capital de Mali, Bamako. La temperatura media de verano de Sevilla pasaría a ser la de la capital de Mauritania, Nuakchot, y Valencia, por ejemplo, estaría en la franja de Argelia. En general, las temperaturas medias de verano de las ciudades españolas estarían en la franja de las de Irak y Egipto.

Aunque los valores de temperaturas esperadas ya serían de por sí preocupantes si se produjeran de una forma lineal, la realidad indica que estos incrementos no se van a producir de forma lineal, sino en forma de dientes de sierra: esto es, aunque la temperatura en media aumente lo antes citado, habrá días de verano con temperaturas muy superiores a los valores descritos, es decir, aumentará la frecuencia e intensidad de las olas de calor. O sea, temperaturas que antes se alcanzaban una vez cada 30 años se comenzarán a alcanzar y superar de manera más frecuente, lo que nos indica que las olas de calor serán cada vez más habituales y más intensas.

En este punto conviene aclarar que un episodio específico de altas temperaturas no puede relacionarse directa e inequívocamente con el calentamiento global. Es la tendencia y la frecuencia de estas altas temperaturas las que vienen determinadas por el cambio climático. Actualmente se han duplicado las probabilidades de padecer picos prolongados de alta temperatura respecto a 1950. La Agencia Meteorológica Británica concluyó ya en el año 2014 que Europa soportará veranos especialmente calurosos al menos una vez cada cinco años debido al calentamiento global provocado por el hombre.

Efectos esperados de las olas de calor y frío sobre la salud:

incertidumbres

Como se ha visto en los capítulos anteriores, uno de los efectos directos relacionados de forma clara con el cambio climático es el de la morbimortalidad asociada a los extremos térmicos.

A la hora de evaluar el posible impacto que estas temperaturas tendrán sobre la mortalidad está claro que hay que conocer, en primer lugar, cuáles serán esas temperaturas con la mayor precisión posible y en diferentes escenarios de emisiones, tal y como se ha explicado en el capítulo 1 y en el apartado anterior de este mismo capítulo.

Desde nuestro punto de vista, este objetivo se ha conseguido sobradamente y son numerosos los modelos climáticos capaces de precisar con cada vez mayor exactitud cuáles serán esas temperaturas.

No ocurre lo mismo a la hora de predecir los impactos en salud asociados a esas temperaturas. Pensamos que este objetivo se encuentra lejos de conseguirse debido a los numerosos efectos que concurren para hacer una determinación precisa de estos impactos. Prácticamente la totalidad de los estudios realizados hasta la fecha suponen constante la temperatura de definición de ola de calor. Es decir, si como se ha comentado en el capítulo 3, cada región tiene una temperatura a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad asociada al calor, la práctica totalidad de los estudios consideran que esa temperatura no va a variar en los próximos 100 años. Evidentemente esto es algo totalmente improbable, ya que, como se ha comentado con anterioridad, esta temperatura se ve influenciada por la pirámide de población (porcentaje de mayores de 65 años) que sí va a variar en los próximos años, los factores socioeconómicos de cada lugar, que también van a variar, y factores de adaptación a través de los diferentes planes de prevención tanto a nivel urbano como social y médico.

Pero no solo va a variar esta temperatura, sino que también va a hacerlo el riesgo atribuible asociado a cada grado en que se supere ese umbral, tal y como se ha explicado en el capítulo anterior, ya

que en el riesgo concurren los mismos factores de cambio anteriormente descritos para la temperatura. Pese a esta evidencia, la mayoría de los estudios realizados hasta la fecha consideran constante este valor del riesgo. Lo que sí consideran variable en estos trabajos es la tasa de mortalidad en el horizonte temporal considerado.

Obviamente no se trata de quitar valor a las predicciones de impactos sobre la mortalidad realizados hasta la fecha, sino de destacar las hipótesis que se asumen para obtener los resultados que se van a describir a continuación.

Impactos de las olas de calor en Europa según diferentes escenarios de emisiones y horizontes temporales

En un estudio realizado por investigadores italianos y de la OMS se ha calculado, para diferentes lugares de Europa, cuál sería la mortalidad anual atribuible a las altas temperaturas en dos escenarios de emisiones: con RCP 4,5, es decir, de emisiones medias, y con RCP 8,5 o de emisiones altas, y para dos horizontes temporales: el 2036-2064 y el 2071-2099.

Los resultados son los que se muestran en la figura 27 para el horizonte 2036-2064 y en la figura 28 para el 2071-2099.

Figura 27

Mortalidad anual atribuible al calor en España y Europa según diferentes escenarios en el horizonte temporal 2036-2064

	sin cambio en las temperaturas	cambios según RCP 4,5	cambios según RCP 8,5
España	1.474	5.207	6.399
Europa	17.384	30.867	45.930

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE KENDROV

Según estas previsiones, suponiendo únicamente variaciones en la tasa de mortalidad como consecuencia de la evolución de la población en el horizonte temporal 2036-2064, cada año fallecerán en España, por motivos atribuibles al calor, 5.207 personas en un escenario medio, es decir 3,5 veces más que si no hubiera incrementos moderados en la temperatura, y 6.399 en el escenario de emisiones elevadas, 4,3 veces más.

Para la totalidad de Europa, la mortalidad anual, sin cambios en las temperaturas, se multiplicaría por 1,8 en el escenario RCP 4,5 y por 2,6 en el RCP 8,5; estos incrementos son sensiblemente menores a los encontrados para el caso de España.

La figura 28 muestra la mortalidad anual atribuible al calor en el horizonte temporal 2071-2099.

Figura 28

Mortalidad anual atribuible al calor en España y Europa según diferentes escenarios en el horizonte temporal 2071-2099

	sin cambio en las temperaturas	cambios según RCP 4,5	cambios según RCP 8,5
España	1.599	7.987	19.330
Europa	16.303	46.690	117.333

FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA A PARTIR DE LOS DATOS DE KENDROV

En el escenario de emisiones moderado RCP 4,5, la mortalidad anual atribuible al calor en España en el horizonte del 2071-2099 se multiplicará por 5 en relación al periodo base sin considerar aumento de temperatura, mientras que para el peor de los escenarios de emisiones, este incremento de la mortalidad atribuible al calor será de 12 veces el basal.

Para el caso del conjunto de Europa, este incremento de la mortalidad no será tan acusado, con solo 2,9 veces el valor basal para el escenario más moderado de emisiones y de 7,2 para el RCP 8,5.

Si se divide Europa en tres regiones, Europa mediterránea, Europa del norte y continental y Europa del este, el mayor incremento en la tasa de mortalidad asociada al calor (muertos/10.000 habitantes) se producirá en los países del este para todos los escenarios y horizontes temporales, después la Europa mediterránea, y con un impacto muchísimo menor estarían los países del norte y de la Europa continental.

Reduciendo incertidumbres: el caso de Vilna

Vilna es la capital de Lituania, una ciudad de poco más de 550.000 habitantes. Es la segunda ciudad en cuanto a población de los países bálticos, después de Riga.

Los autores de este libro, junto con técnicos de la OMS, han realizado una investigación con el objeto de determinar cuál será el impacto de las olas de calor y de frío sobre la mortalidad en esta ciudad en el horizonte temporal de los años 2040-2045 y 2095-2100 con el escenario de altas emisiones de GEI RCP 8,5.

Este estudio presenta dos novedades importantes en relación con lo que se ha expuesto anteriormente para el caso de toda Europa. Además de calcularse la mortalidad asociada al calor en diferentes

horizontes temporales con las suposiciones de considerar la temperatura de disparo e impactos constantes en el tiempo, con el consiguiente aumento de mortalidad, se va a determinar cuál debería ser la temperatura de disparo en cada periodo para que esta mortalidad no aumente, es decir, se va a suponer que los procesos de adaptación al calor van a hacer que cada vez haga falta una temperatura más elevada para que comience a aumentar la mortalidad. La segunda novedad es que el análisis se va a extender también a las olas de frío y se van a comparar los efectos de la mortalidad debida al calor con la atribuible al frío en los diferentes horizontes temporales antes definidos.

La temperatura de disparo de la mortalidad asociada al calor para esta ciudad, según análisis realizados con datos del periodo 2009-2015, sería de 30 ºC. Esta temperatura umbral corresponde con el percentil 96 de las series de temperaturas máximas de los meses de verano. Es decir, que solo el 4% de los días de verano hay ola de calor en Vilna en la actualidad. En el periodo de referencia se produjeron 4,1 olas de calor al año. Si se mantiene constante esta temperatura de definición de ola de calor, en el horizonte 2040-2045 estas olas de calor ascenderían a 11,8 olas de calor al año y en 2095-2100 a 21. Es decir, se multiplicarían por 5 las olas de calor que se producen en la actualidad.

Para el caso de la mortalidad atribuible al calor se pasaría de 7,4 muertes al año en la actualidad a 29 en el horizonte 2040-2045, y ascenderían a 75 muertes al año en el periodo 2095-2100. Es decir, se multiplicarían por diez las muertes atribuibles al calor en Vilna. Este valor es superior al antes descrito para Europa, según el cual de media la mortalidad debida al calor se multiplicaría por 7,2, y ligeramente inferior al que se pronostica para España, que indica que la mortalidad atribuible al calor será de 12 veces la actual.

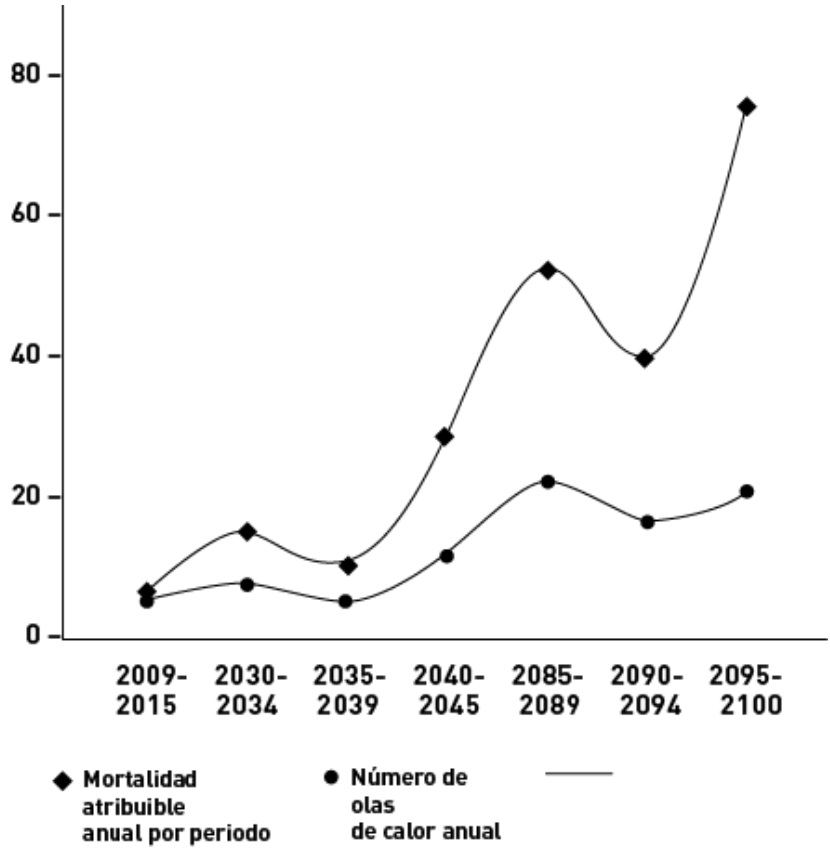
En la figura 29 se muestra la evolución temporal del número de olas de calor y de mortalidad anual atribuibles al calor en los diferentes periodos temporales analizados.

Como se ha comentado con anterioridad, desde el punto de vista de la adaptación, el objetivo deseable sería que no hubiese un incremento de la mortalidad asociado al calor. Es decir, que aunque haya un incremento de la temperatura este efecto no se traduzca en

un aumento de las olas de calor ni de la mortalidad. Desde un punto de vista práctico, esto se conseguiría manteniendo constante el percentil de definición de ola de calor en el 96 actual. Lo que significa que habría que articular las medidas de prevención para que la temperatura de disparo de la mortalidad debida al calor fuese aumentando en el tiempo a medida que lo hacen las temperaturas. Así, la temperatura actual de disparo de ola de calor, que corresponde a una máxima diaria de 30 ºC, debería pasar a 32,8 ºC en el 2040-2045 y a 35,2 ºC en el horizonte del año 2100: de este modo, se conseguiría que la mortalidad atribuible al calor se mantuviese próxima a las 7 muertes/año, nivel de mortalidad muy similar al actual.

Figura 29

Evolución temporal de la mortalidad del número de olas de calor y de la mortalidad atribuible al calor para la ciudad de Vilna en los diferentes horizontes temporales



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Si nos centramos en la mortalidad asociada a las bajas temperaturas, es evidente que en un entorno de cambio climático caracterizado por un aumento de temperaturas, las olas de frío van a disminuir. Pero ¿van a desaparecer? ¿Van a dejar de tener efecto sobre la mortalidad? ¿Va a compensar el descenso de la mortalidad por frío al aumento de la mortalidad por calor?

A continuación se exponen los resultados obtenidos para la ciudad de Vilna en relación con los impactos debidos a las bajas temperaturas que intentan dar respuesta a estas incertidumbres.

En el periodo 2009-2015, la temperatura a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad debida al frío corresponde a una mínima diaria de -12 ºC, que es el percentil 7 de la serie de temperaturas mínimas de los meses de invierno. Es decir, que el 7% de los días hay ola de frío en Vilna, lo que indica que hay 10 olas de frío al año. La mortalidad anual asociada al frío en la actualidad es de 10 muertes/año.

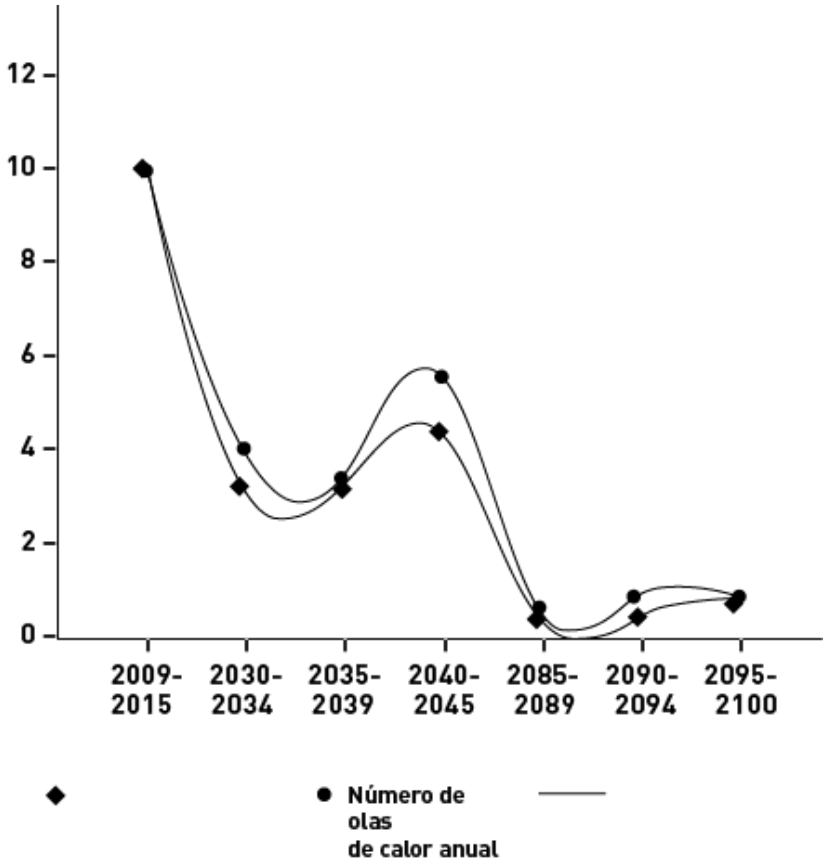
En el periodo 2030-2045 las olas de frío pasarán a ser 4,4 al año, y en 2095-2100 serán 0,8 olas al año, es decir, las olas de frío se reducirán en un factor de 12,5. En cuanto a la mortalidad asociada al frío, pasará de ser de 4 muertes/año en el 2030-2045 a 0,5 muertes/año en 2095-2100, lo que significa que la mortalidad debida al frío se reducirá en un factor de 8.

En la figura 30 se muestra la evolución temporal del número de olas de frío y de la mortalidad debida al frío.

En ningún caso el descenso de la mortalidad atribuible al frío compensa el incremento de la mortalidad atribuible al calor. Así, por ejemplo, en el periodo 2095-2100 se producirán 398 muertes más que las actuales atribuibles al calor, mientras que únicamente se producirá un descenso de 65 muertes por frío.

Figura 30

Evolución temporal de la mortalidad del número de olas de frío y de la mortalidad atribuible al frío para la ciudad de Vilna en los diferentes horizontes temporales

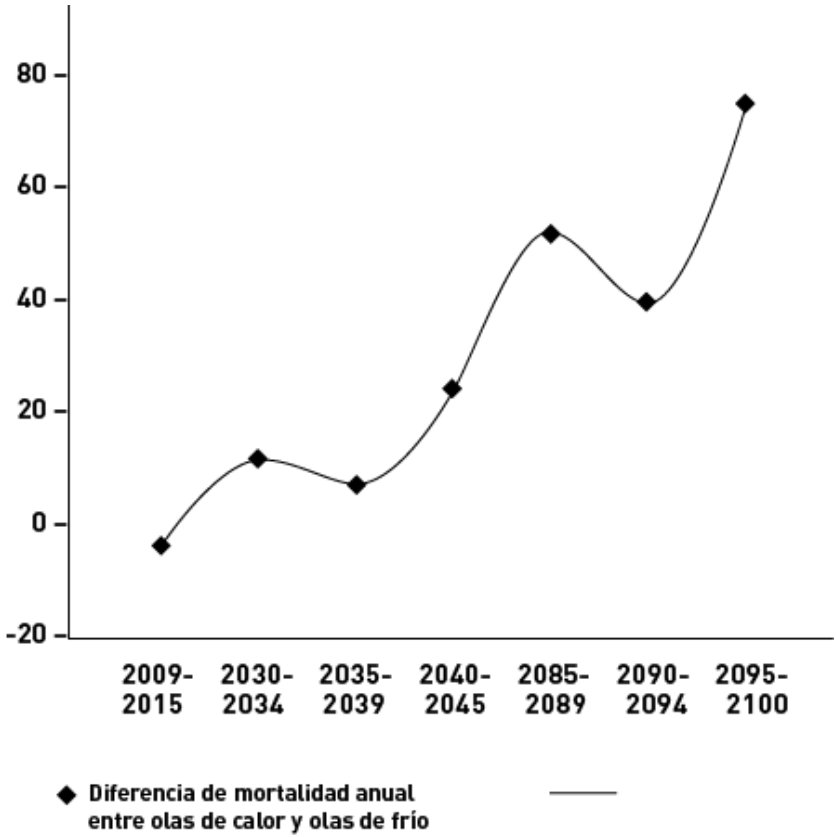


FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

En la figura 31 se muestra la diferencia entre la mortalidad atribuible al calor menos la mortalidad debida al frío. Como puede observarse, en la actualidad la mortalidad debida al frío es superior a la debida al calor (valores negativos en la gráfica), pero a partir del año 2020 aproximadamente la mortalidad anual atribuible al calor supera a la atribuible al frío y comienzan a aparecer valores positivos en la gráfica de la figura 30.

Figura 31

Evolución temporal entre la mortalidad anual atribuible al calor menos la atribuible al frío



FUENTE: ELABORACIÓN PROPIA.

Conclusiones

A modo de resumen final, nos gustaría resaltar las conclusiones más relevantes extraídas de los capítulos y compartir también algunas reflexiones obtenidas de nuestra experiencia como grupo de trabajo en extremos térmicos desde hace más de dos décadas.

El CO2, principal gas de efecto invernadero, ha aumentado sus concentraciones en la atmósfera de los 280 ppm existentes en la era preindustrial a 407 ppm en julio de 2017. Este gas no es un contaminante nocivo, de hecho, todos los seres vivos lo emiten/ absorben como resultado de su respiración, pero el desmedido aumento en sus concentraciones ha provocado un desequilibrio en el balance de la energía incidente y emitida dentro la atmósfera, provocando un exceso de energía acumulada. Este fenómeno está provocando un calentamiento del sistema climático que se manifiesta principalmente en los incrementos de las temperaturas medias globales del aire y de los océanos, la fusión generalizada de la nieve y el ascenso global del nivel medio del mar. Está demostrado científicamente que la causa principal del calentamiento del sistema climático que está teniendo lugar actualmente son las emisiones de GEI y que, aunque existe un aporte de origen natural, el exceso se debe fundamentalmente a la actividad humana.

Son múltiples los efectos directos e indirectos que el cambio climático tiene en la salud de las personas, pero este no es causante de enfermedades en sí, sino que magnifica los efectos de muchas de ellas; se estiman unas 250.000 muertes adicionales al año entre 2030 y 2050 como consecuencia de las modificaciones en las características de las enfermedades, como las relacionadas con vectores, aumento de alergias, incremento en contaminantes atmosféricos como PM10 y O3, inundaciones o sequías que conducen a la escasez de los alimentos y a los desplazamientos de la población más vulnerable. Hay que destacar que no se trata de repercusiones futuras, sino que los efectos del cambio climático se

dejan sentir ya hoy en día y que las proyecciones para el futuro representan un riesgo inaceptable y potencialmente catastrófico para la salud humana.

Desde el punto de vista de los efectos directos del cambio climático en la salud, se encuentra la incidencia de las olas de calor y frío, en las que se ha centrado este texto. Las proyecciones sobre las futuras temperaturas que se prevén de manera global para finales del siglo XXI varían según distintos escenarios basados en las futuras emisiones previstas de CO2 a nivel mundial. Según estos modelos de predicción, para emisiones bajas la temperatura superficial media de toda la Tierra estaría en torno a 1 ºC y para un escenario de emisiones altas se podría llegar hasta 3,7 ºC. Hay que entender que estos valores se refieren a la media de todo el planeta. Este aumento no se producirá de forma lineal, sino que se producirá en forma de picos de sierra, con periodos de temperaturas muy elevadas seguidos de otros de bajas temperaturas, siendo el cómputo global un incremento en el valor medio de la temperatura. Por tanto, las olas de calor son cada vez más frecuentes y más intensas. Para la península ibérica, se prevé, para el año 2100 y en el escenario de emisiones menos favorable, un incremento entre 6 y 7 grados en verano y unos 4 grados en inverno en la temperatura media.

Ante este tipo de implicaciones del cambio climático en la salud, las opciones que se presentan son los mecanismos de mitigación y adaptación, entendiendo por mitigación el conjunto de acciones que van encaminadas hacia la reducción de emisiones de GEI que provocan el cambio climático, como el reciente Acuerdo de París, ratificado ese mismo año 2017, y por adaptación las actuaciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad de las personas ante los cambios en el clima.

Uno de los conceptos clave que se presentan a la hora de analizar el efecto de las temperaturas extremas sobre la salud es el de ola de calor o de frío, sobre el que no existe una definición consensuada científicamente a nivel mundial. En este texto se explica que, desde el punto de vista de la salud, una ola de calor se define como aquel o aquellos días en los que la temperatura máxima diaria supera una determinada temperatura umbral, calculada para cada lugar y a

partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad diaria de forma significativa. De la misma forma, se define ola de frío como aquel o aquellos días en los que la temperatura mínima diaria está por debajo de una temperatura umbral a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad de forma significativa.

Estos umbrales varían de unos lugares a otros y están relacionados con la adaptación de cada persona al rango de temperaturas al que normalmente se encuentra expuesta, lo que hace que, para el caso del calor, en Sevilla esta temperatura sea de 41 ºC, mientras que para Barcelona, sea de 30,5 ºC. En base a las investigaciones realizadas hasta la fecha, se pensó que, para el calor, esta temperatura coincidía con el percentil 95 de las series climáticas de temperaturas máximas diarias de los meses de junio a septiembre, mientras que, para el frío, la mortalidad comenzaba a aumentar con mínimas por debajo del percentil 5 de la serie de temperaturas mínimas diarias de los meses de noviembre a marzo. Es decir, las personas estamos adaptadas a vivir entre los percentiles 5 y 95 de las series de temperaturas mínimas y máximas respectivamente; por debajo de estas, aumenta la mortalidad por frío, y por encima, por calor. En esta asunción climatológica para la determinación de las temperaturas umbrales en cada provincia se basó la puesta en marcha del PNAP, que tuvo lugar por primera vez en el año 2004 y que estuvo vigente hasta el año 2014.

Por tanto, una ola de calor tendrá mayor impacto en salud no cuanto más alta sea la temperatura máxima alcanzada, sino cuanto más se separe del umbral de cada lugar.

Esta asunción climatológica para la determinación de las temperaturas umbrales en cada provincia se vio refutada cuando investigaciones posteriores mostraron que no en todos los lugares la mortalidad comenzaba a aumentar a partir del percentil 95 de las series de temperaturas máximas, sino que había otros factores a tener en cuenta, como el porcentaje de personas mayores de 65 años en esa provincia o su nivel socioeconómico. Esto llevó a analizar la mortalidad diaria de cada provincia en función de la temperatura para determinar cuál es el umbral a partir del cual la mortalidad aumentaba debido a los extremos térmicos y determinar ad hoc esa temperatura umbral. Con base a estos nuevos umbrales

calculados, el Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad modificó el PNAP en el año 2015, y el modelo resultante es el vigente en la actualidad.

Mediante técnicas estadísticas se ha podido determinar cuánto se incrementa la mortalidad por cada grado en que la temperatura máxima diaria está por encima del umbral tanto a nivel provincial como de la comunidad autónoma y del conjunto de España. Así, para el conjunto de España se ha obtenido que por cada grado en que la temperatura máxima diaria supere la temperatura umbral de cada capital de provincia, la mortalidad diaria aumentará un 11%; para el caso del frío, este incremento será del 18% por cada grado en que la mínima diaria no alcance ese umbral.

En el periodo 2000-2009 se produjeron en España 13.000 fallecimientos atribuidos al calor y un total de 4.373 días con ola de calor en alguna provincia (los días en los que hay ola de calor en varias provincias se cuentan de forma independiente), mientras que se produjeron 10.500 muertes atribuidas al frío en los 3.006 días de ola de frío en esos diez años.

Los grupos especialmente susceptibles a los efectos del calor y del frío son los mayores de 65 años. Las causas de mortalidad asociadas al calor son el agravamiento de patologías circulatorias y respiratorias previamente existentes. En muy pocos casos el calor es la causa directa de la muerte. El efecto del calor sobre la mortalidad suele producirse entre uno y cuatro días después del extremo térmico, mientras que para el frío, este efecto puede darse incluso hasta dos o tres semanas después de las bajas temperaturas. Los procesos infecciosos relacionados con las bajas temperaturas serían de los más destacados para poder explicar este comportamiento diferente entre el frío y el calor.

Se ha determinado que personas con enfermedades neurológicas, alcohólicos o personas que toman antidepresivos son grupos especialmente susceptibles al calor. También puede afectar a las mujeres embarazadas provocando un mayor número de partos prematuros los días posteriores a una ola de calor.

Otros factores socioeconómicos, como la pobreza, pueden marcar diferencias en el impacto que las temperaturas extremas tienen

sobre la salud.

Una de las formas de intentar que los extremos térmicos tengan menor impacto sobre la salud de la población es la puesta en marcha de planes de prevención, como el que cada año implementa el Ministerio de Sanidad y que ha sido descrito con anterioridad. Probablemente la activación de este plan esté detrás de la disminución del impacto que el calor tiene sobre la mortalidad que se ha observado en la última década en Madrid, cosa que no ha ocurrido en el caso del frío, quizás porque no existe plan de actuaciones ante bajas temperaturas.

Por último, cabe destacar que los diferentes modelos climáticos ponen de manifiesto que se va a producir un aumento de temperaturas como consecuencia del cambio climático que será más acusado cuanto mayor sea el ritmo de emisión de GEI. Este incremento de temperatura va a ser mayor en la tierra que en el mar y aún más importante en las grandes ciudades.

Aunque todos los estudios realizados hasta la fecha sobre posibles impactos del calor en diferentes horizontes temporales tienen importantes incertidumbres, diferentes investigaciones realizadas en Europa indican que la mortalidad asociada al calor en España puede llegar a ser, en el año 2100 y en un horizonte de emisiones elevadas, hasta 12 veces la actual. Este valor es superior al que de media se produciría en Europa, que se estima en unas 7 veces el valor actual.

Por otro lado, el aumento de las olas de calor traerá consigo la disminución de las olas de frío, pero no su desaparición, y un descenso de la mortalidad asociada al frío que no compensará el incremento de mortalidad debido al calor.

Una forma de paliar este incremento en la mortalidad asociada al calor sería la adopción de medidas de adaptación, que deberían traducirse en un incremento paulatino de la temperatura a partir de la cual comienza a aumentar la mortalidad por calor.

Lejos de caer en el catastrofismo que parece rodear todo lo relacionado con el cambio climático, hay que recordar la reflexión que la Comisión de 2015 sobre Salud y Cambio Climático de The

Lancet realizó sobre el tema: “Luchar contra el cambio climático podría ser la mayor oportunidad del siglo XXI en materia de salud mundial”.

Agradecimientos

Los autores queremos expresar nuestro agradecimiento en la elaboración de este libro al Instituto de Salud Carlos III por la concesión de diferentes proyectos de investigación a lo largo de estos años, proyectos sobre los que se sustentan los conocimientos y resultados expuestos. A la directora de la Escuela Nacional de Sanidad, Pilar Aparicio, por su entusiasmo y apoyo en la labor divulgativa de los temas relacionados con la salud ambiental. A Jesús de la Osa, por su incansable y riguroso trabajo en la divulgación de temas de salud ambiental. A José Mª Ordóñez y a Isabel Marín, expresidente y presidenta, respectivamente, de la Sociedad Española de Sanidad Ambiental, por haber redactado la introducción de este libro. Y por último, también queremos agradecer el esfuerzo de todas las personas que de una u otra forma colaboran y contribuyen al conocimiento del cambio climático.

Glosario

Adaptación: conjunto de acciones encaminadas a reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático.

Cambio climático: modificación del clima de la Tierra atribuida directa o indirectamente a la actividad humana que se debe a un aumento de las concentraciones de los denominados gases de efecto invernadero.

Criterio climatológico de definición de temperatura umbral: asunción que se hace al considerar que la mortalidad diaria comienza a aumentar de forma significativa a partir de cierta temperatura, que coincide con un valor fijo (percentil) de la serie climatológica de temperaturas.

Criterio epidemiológico de definición de temperatura umbral: determinación de la temperatura de aumento significativo de la mortalidad diaria con base en diagramas temperatura-mortalidad.

Cultura de calor: concienciación de la población ante el calor extremo para prevenir sus efectos en salud.

Escenarios de emisión: tienen en cuenta los diferentes niveles de emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera. Van desde los muy optimistas, que asumen una disminución drástica de emisiones (escenario RCP 2,6), a los que suponen que las emisiones a la atmósfera van a seguir al ritmo actual (escenario RCP 8,5).

Exceso de mortalidad: diferencia entre la mortalidad real y la mortalidad esperada. Esta mortalidad esperada se ha obtenido mediante procesos de modelización de las series históricas de mortalidad.

Forest plot: representación gráfica de un metaanálisis.

Gas de efecto invernadero (GEI): gas atmosférico que absorbe y emite radiación dentro del rango infrarrojo. Los principales GEI en la atmósfera terrestre son el vapor de agua, el dióxido de carbono, el metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonos.

Grupo vulnerable: grupo de población que, ya sea por sexo, edad, raza o condición física, tiene mayor probabilidad de presentar mayor daño frente a un determinado agente externo que el resto de los otros grupos.

Intensidad de las olas de calor (IOC): suma de la diferencia entre la temperatura máxima diaria y la temperatura umbral de definición de ola de calor. Esta suma se extiende a todos los días de ola de calor.

Intensidad de las olas de frío (IOF): suma de la diferencia entre la temperatura umbral de definición de ola de frío y la temperatura mínima diaria. Esta suma se extiende a todos los días de ola de frío.

Isla térmica o de calor: fenómeno que se produce en grandes áreas urbanas y consiste en la acumulación de calor y su dificultad para disiparlo debido a la edificación, al asfalto y a una menor ventilación. Se traduce en unas temperaturas nocturnas más elevadas en las ciudades que en su periferia.

Material particulado: mezcla de partículas líquidas y sólidas, de sustancias orgánicas e inorgánicas, que se encuentra en suspensión en el aire.

Metaanálisis: técnica estadística que combina los resultados de diversos estudios para sintetizarlos y proporcionar una estimación global de todos ellos.

Mitigación: conjunto de acciones encaminadas hacia la reducción de la magnitud del cambio climático, como, por ejemplo, la reducción de emisiones de GEI.

Modelo Autorregresivo Integrado de Media Móvil (ARIMA): técnica estadística utilizada para la modelización de series temporales.

Modelo Lineal Generalizado (GLM): método estadístico que permite

identificar y cuantificar el impacto de variables explicativas sobre la variable de interés a través de una función denominada función de enlace.

Mortalidad atribuible: mortalidad estimada a través de un riesgo atribuible de un factor determinado.

Mortalidad por causa orgánica o natural: mortalidad producida por cualquier causa excepto accidentes, suicidio y complicaciones quirúrgicas.

Ola de calor: día o conjunto de días en los que la temperatura máxima diaria supera una determinada temperatura umbral a partir de la cual aumenta la mortalidad de forma significativa.

Ola de frío: día o conjunto de días en los que la temperatura mínima diaria está por debajo de una determinada temperatura umbral a partir de la cual aumenta la mortalidad de forma significativa.

Ozono troposférico (O3): gas incoloro y muy irritante creado por reacciones fotoquímicas entre los óxidos de nitrógeno y los compuestos orgánicos volátiles producidos en buena medida por la quema de combustible y vapores de gasolina presente en las capas bajas de la atmósfera de las ciudades, especialmente en su periferia.

Percentil: medida de posición estadística que indica, tras ordenar los datos de menor a mayor, el valor de la variable por debajo de la cual se encuentra un porcentaje dado de observaciones.

Residuo o anomalía de mortalidad: parte de la mortalidad cuyo comportamiento no se corresponde con la evolución normal de la misma. Se obtiene como diferencia entre el valor observado de la mortalidad y el estimado por el modelo matemático.

Riesgo relativo: medida que indica cuánto aumenta el riesgo, por cada unidad de medida, de sufrir el evento de interés entre una persona expuesta al factor de riesgo y otra no expuesta.

Riesgo atribuible: medida que indica cuánto aumenta el riesgo poblacional de sufrir el evento de interés atribuido al factor de

riesgo con la hipótesis de que toda la población está expuesta a ese factor de riesgo.

Sensación térmica: sensación de frío o de calor que experimenta el ser humano ante la combinación de variables climatológicas de temperatura y velocidad del viento.

Temperatura aparente: índice de calor creado con varias combinaciones tanto de temperatura ambiental como de humedad relativa del aire.

Temperatura de confort: temperatura para la cual la mortalidad diaria es mínima.

Temperatura umbral: temperatura máxima o mínima diaria a partir de la cual aumenta la mortalidad de forma significativa.

Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés): Que van desde RCP 2,6 referidas a escenarios con muy bajas emisiones de CO2 al escenario más elevado RCP 8,5.

Wind chill: parámetro meteorológico que mide la sensación corporal ante la temperatura mínima diaria y la velocidad del viento.

Bibliografía

Alberdi, J. C.; Díaz, J.; Montero, J. C. y Mirón, I. J. (1998): "Daily mortality in Madrid Community (Spain) 1986-1991: Relationship with atmospheric variables", European Journal of Epidemiology, 14, pp. 571-578.

Aldaz, J. y Díaz, J. (2017): "Situación del Convenio Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. Resumen de las Cumbres del Clima de París, COP21 y de Marrakech, COP 22", Revista de Salud Ambiental, 17 (1), pp. 34-39.

Carmona, R.; Díaz, J.; Mirón, I. J.; Ortíz, C.; León, I. y Linares, C. (2016): "Geographical variation in relative risks associated with cold waves in Spain: The need for a cold wave prevention plan", Environment Internacional, 88, pp. 103-111.

Carmona, R.; Díaz, J.; Mirón, I. J.; Luna, M. Y.; Ortiz, C. y Linares, C. (2016): "Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al frío en España en el periodo 2000-2009. Comparación con la mortalidad atribuible al calor", Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Sanidad, NIPO: 725-15-032-4.

— (2016): "Mortality attributable to extreme temperatures in Spain: A comparative analysis by city", Environment Internacional, 91, pp. 22-28.

Díaz, J. (2014): "Heat waves' influence on health: Some uncertainties about his impact", Journal of Earth Science & Climatic Change, 5, 186.

Díaz, J.; Carmona, R.; Mirón, I. J.; Ortiz, C.; León, I. y Linares, C. (2015a): "Geographical variation in relative risks associated with heat: update of Spain's Heat Wave Prevention Plan", Environment Internacional, 85, pp. 273-283.

— (2015b): “Comparison of the effects of extreme temperatures on daily mortality in Madrid (Spain), by age group: the need for a cold wave prevention plan”, Environmental Research, 143, pp. 186-191.

Díaz, J.; Carmona, R. y Linares, C. (2015): “Temperaturas umbrales de disparo de la mortalidad atribuible al calor en España en el periodo 2000-2009”, Instituto de Salud Carlos III. Escuela Nacional de Sanidad, Madrid. NIPO: 725-15-015-7.

Díaz, J.; Linares, C. y García, R. (2005): “Impacto de las temperaturas extremas en la salud pública: futuras actuaciones”, Revista Española de Salud Pública, 79, pp. 145-157.

Díaz, J.; López, C.; Jordán, A.; Alberdi, J. C.; García, R.; Hernández, E. y Otero, A. (2002): “Heat waves in Madrid, 1986-1997: effects on the health of the elderly”, International Archives of Occupational and Environmental Health, 75, pp. 163-170.

Ecologistas en Acción (2016): Estudio técnico sobre pobreza energética en la ciudad de Madrid, Ayuntamiento de Madrid.

Gronlund, C.; Zanobetti, A.; Schwartz, J.; Wellenius, G. A. y O’Neill, M. S. (2014): “Heat, Heat Waves, and Hospital Admissions among the Elderly in the United States, 1992-2006”, Environmental Health Perspectives, 122, pp. 11-14.

Kahn, B. (2017): “This Is How Climate Change Will Shift the World’s Cities”.

B. (2017): “Quantifying Projected Heat Mortality Impacts under 21st-Century Warming Conditions for Selected European Countries” 14 (7), pp. 729.

Linares, C.; Carmona, R.; Ortiz, C.; Mirón, I. J. y Díaz, J. (2017): “Temperaturas extremas y salud en España en un contexto de cambio climático: Algunas líneas de investigación”, Revista de Salud Ambiental, 17 (1), pp. 57-69.

Linares, C. y Díaz, J. (2008): “Impact of high temperatures on hospital admissions: comparative analysis with previous studies about mortality (Madrid)”, European Journal of Public Health, 18

(3), pp. 317-22.

Mirón, I.; Montero, J. C.; Criado-Álvarez, J. J.; Díaz, J. y Linares, C. (2010): “Efectos de los extremos térmicos sobre la mortalidad diaria en Castilla-La Mancha: evolución temporal 1975 - 2003”, Gaceta Sanitaria, 24 (2), pp. 117-122.

Montero, J. C.; Mirón, I. J.; Criado-Álvarez, J. J.; Linares, C. y Díaz, J. (2012): “Relationship between mortality and heat waves in Castile-La Mancha (1975-2003): influence of local factors”, Science of Total Environment, 414, pp. 73-80.

Observatorio DKV de salud y medio ambiente en España (2016): “Cambio climático y salud. Actuando frente al cambio climático para mejorar la salud de las personas y del planeta”.

Sindical del Trabajo, Sociedad Española de Sanidad Ambiental y Centro Complutense de Estudios de Información Ambiental (2012): “Cambio global en España 2020/50. Cambio climático y salud”.

NOTAS

1 . A nivel nacional, en la página web del Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad (MSSSI) puede consultarse el documento: https://www.msssi.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/planAltasTemp/2017/docs/balanceplan2016.pdf, donde se realiza el primer balance de las acciones preventivas puestas en marcha hasta 2016.